

Trabajo de Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías  
Industriales.

Diseño de una instalación solar en un hotel para la  
producción de ACS.

Autor: Genaro Juan Gil Maínez

Tutor: José Julio Guerra Macho

**Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Trabajo de Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# **Diseño de una instalación solar en un hotel para la producción de ACS.**

Autor:

Genaro Juan Gil Maínez

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2018



Trabajo de Fin de Grado: Diseño de una instalación solar en un hotel para la producción de ACS.

Autor: Genaro Juan Gil Maínez

Tutor: José Julio Guerra Macho

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

*A mi familia,  
A mis amigos.*

## Resumen

---

Este proyecto realiza el estudio y diseño de una instalación solar de agua caliente sanitaria (ACS) en un hotel rural situado en Arcos de la fra. (Cádiz). En dicho proyecto se une la idea de la importancia de una energía renovable como la energía solar, así como el cumplimiento de la normativa para aporte solar mínimo en instalaciones de ACS.

Se explicará cómo se dimensionará la instalación y se seleccionarán los equipos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

## Abstract

---

This project carries out the study and design of a solar hot water system (ACS) in a rural hotel located in Arcos de la fra. (Cádiz). In this project, the idea of the importance of a renewable energy such as solar energy, as well as compliance with the regulations for minimum solar input in ACS facilities, is added.

It will explain how the installation will be sized and the necessary equipment will be selected to carry out the project.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>7</b>
<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Abstract</b>	<b>8</b>
<b>Índice</b>	<b>9</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>13</b>
<b>1 MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>15</b>
1.1. <i>Objeto del proyecto</i>	16
1.2. <i>Energía Solar. Aspectos fundamentales.</i>	16
1.3. <i>Energía Solar en España</i>	17
1.3.1. <i>Informe de mercado.</i>	18
1.4. <i>Metodología de cálculo</i>	18
1.5. <i>Descripción del edificio</i>	23
1.6. <i>Descripción de la instalación</i>	24
1.7. <i>Situación de equipos</i>	24
1.8. <i>Principio de funcionamiento de la instalación</i>	24
1.9. <i>Elementos de la instalación</i>	26
1.10. <i>Características de los equipos.</i>	29
1.1.1. <i>Captadores solares</i>	29
1.1.2. <i>Interacumulador solar.</i>	30
1.11. <i>Bibliografía</i>	31
<b>2. MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>33</b>
2.1. <i>Datos de partida</i>	34
2.1.1. <i>Datos geográficos</i>	34
2.1.2. <i>Datos climatológicos</i>	34
2.2. <i>Cálculo de la demanda</i>	35
2.2.1. <i>Cálculo del consumo de agua.</i>	35
2.2.2. <i>Cálculo de la demanda energética</i>	36
2.3. <i>Cálculo del volumen de acumulación y de la superficie de captación</i>	37
2.4. <i>Cálculo de red de tuberías en el circuito primario</i>	45
2.5. <i>Dimensionado de la bomba del circuito primario.</i>	50
2.6. <i>Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario</i>	50
2.7. <i>Cálculo del equipo auxiliar</i>	53
2.8. <i>Cálculo de espesores de aislamiento.</i>	57
2.9. <i>Accesorios</i>	57
<b>3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS.</b>	<b>59</b>
3.1. <i>Objetivo</i>	60

3.2.	<i>Normativa</i>	60
3.3.	<i>Condiciones materiales y equipos</i>	60
3.3.1.	Captadores	60
3.3.2.	Tuberías	61
3.3.3.	Válvulas	63
3.3.4.	Aislamiento	64
3.3.5.	Bombas	64
3.3.6.	Vasos de expansión.	65
3.3.7.	Sistema eléctrico y de control.	65
3.3.8.	Acumuladores	66
3.3.9.	Sistemas de medida	66
3.4.	<i>Condiciones de montaje</i>	67
3.5.	<i>Provisión del material</i>	68
3.6.	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	68
3.6.1.	Pruebas parciales	68
3.6.2.	Pruebas finales	69
3.6.3.	Ajustes y equilibrado	69
3.6.4.	Recepción	69
3.7.	<i>Mantenimiento</i>	70
3.7.1.	Vigilancia	70
3.7.2.	Mantenimiento preventivo	70
3.7.3.	Mantenimiento correctivo	72
<b>4.</b>	<b>MEDICIONES Y PRESUPUESTO</b>	<b>73</b>
4.1.	<i>Sistema de captación</i>	74
4.2.	<i>Sistema de interacumulación</i>	74
4.3.	<i>Sistema hidráulico</i>	74
4.4.	<i>Sistema auxiliar</i>	76
4.5.	<i>Sistema de control</i>	77
4.6.	<i>Presupuesto Total</i>	77
	<i>Ratio €/m2 de superficie de captación sin sistema aux.: 1. 102,03 €/m2</i>	77
<b>5.</b>	<b>PLANOS</b>	<b>79</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: Producción de Energía Solar en Europa	18
Tabla 2: Modelo de captador elegido	30
Tabla 3: Modelo de interacumulador elegido	31
Tabla 4: Datos climáticos de la localidad	34
Tabla 5: Litros/día consumidos por persona según establecimiento	35
Tabla 6: Datos para el cálculo de la demanda energética	36
Tabla 7: Cálculo de la demanda de ACS	36
Tabla 8: Representación mensual de la demanda de ACS	37
Tabla 9: Datos generales de la instalación	39
Tabla 10: Consumo único con interacumulador. Número de captadores vs %f cubierta.	40
Tabla 11: Consumo único con interacumulador, para 13 Captadores, Ns vs %f cubierta	40
Tabla 12: Consumo único con interacumulador, para 14 Captadores, Ns vs %f cubierta	41
Tabla 13: Consumo único con interacumulador, para 15 Captadores, Ns vs %f cubierta	41
Tabla 14: Consumo único con interacumulador, para 13 Captadores, 1 Ns, Volumen vs %f cubierta	42
Tabla 15: Resultados instalación de consumo único con interacumulador.	42
Tabla 16: Instalación de consumo único con intercambiador independiente. Número de captadores vs %f cubierta.	43
Tabla 17: Instalación de consumo único con intercambiador independiente, para 17 captadores Ns vs %f cubierta.	43
Tabla 18: Instalación de consumo único con intercambiador independiente, para 18 captadores Ns vs %f cubierta.	44
Tabla 19: Consumo único con intercambiador independiente, para 17 Captadores, 1 Ns, Volumen vs %f cubierta	44
Tabla 20: Resultados instalación de consumo único con intercambiador independiente	45
Tabla 21: Pérdidas de presión en tuberías en función del caudal y diámetro	46
Tabla 22: Velocidades del fluido en función del caudal y diámetro	47
Tabla 23: Pérdida de presión en accesorios según el diámetro y el tipo de accesorio	49
Tabla 24: Datos exhaustivos de los diferentes tramos de las tuberías.	50
Tabla 25: Tramos de tuberías	52
Tabla 26: Caudal instantáneo mínimo de ACS en función del dispositivo utilizado.	54
Tabla 27: Suma de todos los caudales simultáneos	54
Tabla 28: Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios	54
Tabla 29: Especificaciones técnicas de la caldera.	56
Tabla 30: Dimensiones de la caldera	56
Tabla 31: Temperatura del fluido en función del diámetro de aislamiento	57
Tabla 32: Plan de vigilancia	70

Tabla 33: Plan de mantenimiento preventivo de los captadores	71
Tabla 34: Plan de mantenimiento preventivo del depósito	71
Tabla 35: Plan de mantenimiento preventivo de la red de tuberías	71
Tabla 36: Plan de mantenimiento preventivo del cuadro eléctrico	72
Tabla 37: Plan de mantenimiento preventivo del sistema auxiliar	72

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Localización en la herramienta CHEQ4	19
Figura 2: Configuración en la herramienta CHEQ4	20
Figura 3: Demanda en la herramienta CHEQ4	20
Figura 4: Solar/Apoyo en la herramienta CHEQ4	21
Figura 5: Otros parámetros en la herramienta CHEQ4	22
Figura 6: Resultados en la herramienta CHEQ4	22
Figura 7: Vista aérea del Hotel Rural Cortijo Barranco	23
Figura 8: Situación geográfica del Hotel Rural Cortijo Barranco	24
Figura 9: Subsistemas de la instalación solar	25
Figura 10: Elementos de un captador solar plano	26
Figura 11: Depósito de acumulación	27
Figura 12: Caldera	27
Figura 13: Bomba de circulación	28
Figura 14: Vasos de expansión	28
Figura 15: Sistema de control	29
Figura 16: Esquema en planta de la red de tuberías	46
Figura 17: Curvas características de la bomba del circuito primario.	50
Figura 18: Parámetros del vaso de expansión	53
Figura 19: Dimensiones de la caldera	57



# **1 MEMORIA DESCRIPTIVA**

---

## 1.1. Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es realizar una instalación de Energía Solar Térmica para el calentamiento de ACS en el Hotel Rural Cortijo Barranco, situado en Arcos de la fra. (Cádiz).

Se calculará la demanda de ACS necesaria y se calcularán los parámetros necesarios para determinar la demanda cubierta que se puede garantizar con la instalación diseñada de acuerdo al Código Técnico.

## 1.2. Energía Solar. Aspectos fundamentales.

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada en forma térmica. La energía proveniente del sol es tan abundante que se considera inagotable. Cabe decir que el sol lleva 5 millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que aún no ha llegado ni a la mitad de su existencia. Para dar algún orden de magnitud es conveniente saber que la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor aproximadamente que la que se consume al día en todo el planeta. La fracción recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento.

También se puede destacar que otras energías renovables están estrechamente ligadas a la energía solar aunque sea de manera indirecta. Por ejemplo, la energía eólica es la energía obtenida del viento, pero el viento se genera entre otras cosas al calentar el aire de la superficie terrestre, lo que provoca corrientes, el aire caliente sube y su lugar es ocupado por otra masa de aire que estaba a su alrededor. En el caso de la energía hidráulica, se aprovecha la energía potencial del agua al caer de un sitio elevado para accionar unas turbinas. Hay que saber que esa agua proviene de ríos y pantanos que se abastecen del agua de lluvia de las nubes y que dichas nubes se crean gracias a la previa evaporación del agua de estos ríos y pantanos por acción del sol. Incluso en energías no renovables como el carbón y el petróleo, la energía solar tiene cierta influencia ya que los combustibles fósiles son el resultado de un largo proceso de transformación de millones de años de plantas y compuestos orgánicos. Estas plantas y organismos, en su día fueron alimentados por el sol.

Es muy importante saber diferenciar entre la energía solar de baja temperatura, la fotovoltaica y la termosolar, ya que aunque son todas renovables, producen energía de forma diferente. Así, mientras la energía solar de baja temperatura emplea el calor del sol, la fotovoltaica transforma la radiación solar en energía mediante la corriente eléctrica, empleando para ello materiales semiconductores. La energía fotovoltaica puede emplearse de forma aislada con baterías para el autoconsumo, allá donde no llega la red eléctrica o bien conectada a la red, con el objetivo de reducir la factura que recibimos de las compañías eléctricas, es decir, también se puede verter energía a la red.

En cuanto a la termosolar cabe decir que está compuesta de sistemas que hacen uso de la energía solar al concentrar la irradiancia del haz solar y convirtiéndolo en energía térmica. Existen múltiples sistemas de concentración como pueden ser canal parabólico, disco parabólico, centrales de torre, etc.

La energía solar de baja temperatura consiste en aprovechar una fuente inagotable de energía como es la solar mediante el uso de paneles solares térmicos. Estos paneles se encargan de captar la energía solar y calentar el agua que podremos emplear tanto para ACS, como será el caso que se estudiará en este proyecto, como para el apoyo a la calefacción mediante el suelo radiante, climatización de piscinas o incluso para el calentamiento industrial de fluidos.

Aunque a lo largo del proyecto se profundizará más en este asunto, a modo introductorio y sin entrar en mucho detalle se puede decir que para poder generar energía, una instalación solar de baja temperatura debe estar formada por los siguientes sistemas:

- 1) Sistema de captación de radiación solar: está formado por los paneles solares, los cuales se encargan de absorber el calor del sol y transformarlo en energía térmica aumentando la temperatura de fluido que circula por la instalación.



- 2) Sistema de acumulación de energía solar: su misión es la de almacenar la energía calorífica en un depósito para su posterior utilización.
- 3) Sistema de distribución de energía solar térmica: está formado por tuberías, válvulas, bombas etc. que permiten trasladar el agua caliente hacia otras zonas más frías que queramos calentar.
- 4) Sistemas convencionales de apoyo energético: éstos se emplean como apoyo en los momentos en los que no hay radiación solar o se ha producido un consumo de la energía superior al previsto.

Existen grandes ventajas, tanto económicas como medioambientales a la hora de utilizar este tipo de energía:

- Se trata de una energía independiente que procede de una fuente inagotable y gratuita, el Sol.
- Es un sistema con alto rendimiento para la producción de ACS (agua caliente sanitaria), cubriendo hasta el 80% de las necesidades, según zonas de España.
- Su uso reduce las emisiones de efecto invernadero.
- La inversión inicial que supone la instalación se amortiza a medio plazo, ya que no hemos de pagar combustible para obtener energía. Las Agencias Autonómicas de Energía dan subvenciones a fondo perdido del 30 al 50% de la inversión, lo cual permite amortizar la inversión en 5 años. La vida media de estos equipos es cercana a los 20 años.
- Los sistemas que utilizamos actualmente para captar la energía solar no necesitan un mantenimiento excesivo. Es suficiente con una revisión anual.

### 1.3. Energía Solar en España

La situación del mercado energético en España es similar a la de otros países europeos. El modelo energético está en fase de transición. El país tiene óptimos recursos energéticos renovables y un nivel tecnológico excelente en energías renovables y específicamente en energía solar fotovoltaica. España fue el país con mayor potencia fotovoltaica instalada en el mundo en 2008, debido a la combinación de esos factores con una legislación que habría necesitado un ajuste muy preciso para ser mucho más beneficiosa. Después de esto, diferentes factores causaron el colapso del sector fotovoltaico español, forzando a las empresas del mismo a concentrar su actividad en el mercado internacional. A pesar de esta situación transitoria, la energía solar, y en especial la fotovoltaica representa a medio y largo plazo una impresionante oportunidad de negocio en España.

España goza de unas condiciones climatológicas ideales para el desarrollo de energías renovables, en especial, y sobre todo en el Sur del país, se dan unas condiciones excelentes para el aprovechamiento de la energía solar.

Es por ese motivo, y debido a la gran demanda de energía en un país en continuo desarrollo como es España que la energía solar se ha ido consolidando como una de las principales fuentes de energía renovables en el país en todas sus formas.

En lo que a energía solar térmica se refiere, España es claro referente en Europa seguido de países como Alemania como se puede observar en la Tabla 1. La razón de esto radica en lo comentado anteriormente y es que el clima de España es ideal para la energía solar térmica. Sin embargo en segundo lugar del ranking encontramos a un país que para nada posee estas condiciones climatológicas tan propicias como las españolas pero lo que sí posee es una gran cultura por el desarrollo de nuevas tecnologías y un pensamiento futurista entre sus ciudadanos por lo que a pesar de lo ya comentado de que su clima no es el ideal se sitúa sorprendentemente en esta segunda posición.

Primary production of renewable energy by type  
1 000 tonnes of oil equivalent  
Solar thermal

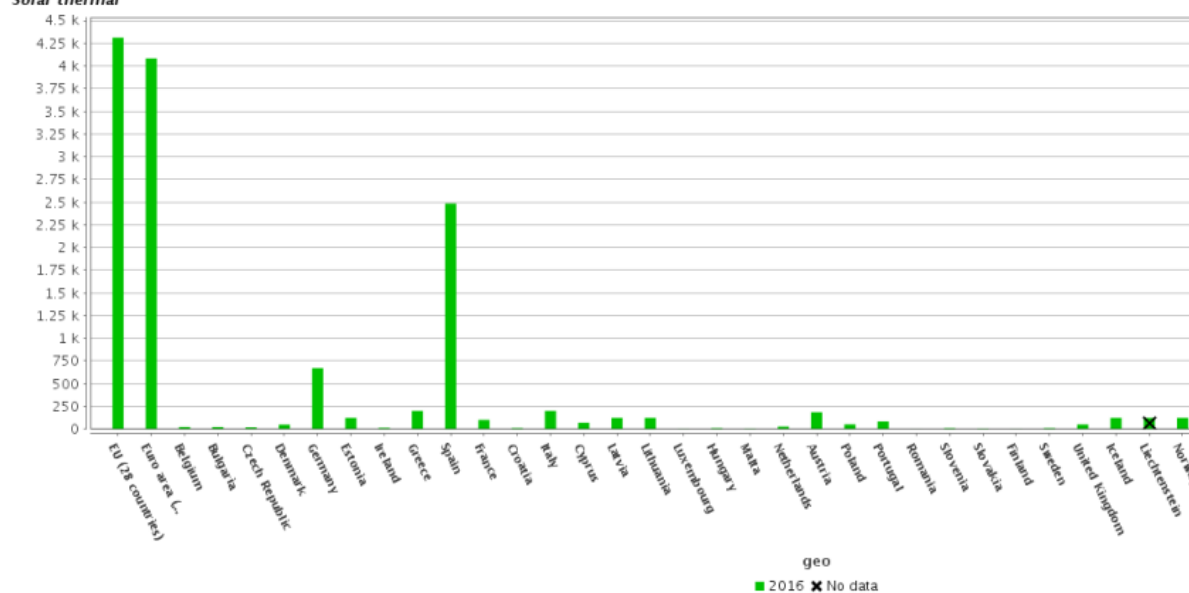


Tabla 1: Producción de Energía Solar en Europa

### 1.3.1. Informe de mercado.

En un estudio realizado por la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT) se asegura que en 2017 han sido instalados en España un total de 201.505 m<sup>2</sup> de captación y 141 MWth. Esto supone una variación negativa del 5% con respecto al año 2016. La potencia total instalada asciende a 2,87 GWth lo que supone una superficie de captación instalada mayor de los 4 millones de metros cuadrados.

Sin embargo numerosos expertos de dicha asociación son optimistas de cara al futuro son optimistas asegurando que se cumplirán los objetivos marcados para 2020 los cuales llevarían a España a tener una cifra máxima de 5 millones de metros cuadrados instalados y en operación.

Aseguran ue se tiene un sector capaz, en el que prima el compromiso y la ilusión. Abogan por una administración responsable que tenga una cultura europeísta para así poder alcanzar dichos objetivos que han sido consensuados con la UE.

## 1.4. Metodología de cálculo

El objetivo sea cual sea el método es calcular la superficie de captación, el volumen de acumulación y el porcentaje de demanda cubierta de la instalación. Cabe destacar que el comportamiento del sistema depende del tiempo y existe más de una solución.

Los métodos de diseño pueden estar basados en simulaciones horarias (TRNSYS) o estar basados en correlaciones entre números adimensionales que permiten trabajar en una base de tiempo mensual (un día representativo de cada mes).

Entre los métodos basados en correlaciones se encuentran el método F-Chart y el método CHEQ4. El método F-Chart necesitar disponer de ciertos datos climatológicos de la región que se construirá la instalación en cuestión. Tomando como referencia el método F-Chart, en este proyecto se ha utilizado la herramienta informática CHEQ4. Dicha herramienta contiene los datos climatológicos de España además de estar adaptada a la legislación actual.

Esta herramienta es muy fácil e intuitiva de usar. Es necesario proporcionarle al programa una serie de datos que el mismo programa los va solicitando con distintas pestañas dentro de la pantalla principal. Estos datos son los siguientes:

- Localización

En este apartado simplemente se debe introducir la localidad donde se va a realizar la instalación y el propio programa calcula la altura de la localidad para hacer sus cálculos internos. Lo explicado anteriormente se ve reflejado en la *figura 1*.

CHEQ4 ult.vas

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia:  Municipio:  Zona climática: Zona V Latitud: 36° 45'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 139

Altura de la instalación (m):

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	10.0	11.1	11.4
Febrero	13.4	11.1	12.1
Marzo	18.1	12.1	13.3
Abril	22.9	13.1	14.8
Mayo	26.2	15.1	17.3
Junio	28.4	17.1	20.1
Julio	28.7	18.1	22.6
Agosto	25.6	19.1	23.1
Septiembre	20.9	18.1	22.1
Octubre	14.9	16.1	18.7
Noviembre	10.7	13.1	14.7
Diciembre	8.6	11.1	11.9
Promedio	19.0	14.6	16.8

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Pestaña de resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Figura 1: Localización en la herramienta CHEQ4

#### - Configuración

En este apartado nos encontramos con dos ramas de configuraciones según el consumo de nuestra instalación sea único o múltiple. Estos son parámetros que el diseñador debe elegir en función de sus conocimientos. En este proyecto, ya que la instalación es para un hotel se ha elegido consumo único y una instalación con intercambiador independiente. No obstante en la memoria de cálculo del proyecto se explicarán distintas alternativas estudiadas en el proyecto. Se muestra lo explicado anteriormente en la *figura 2*.

#### - Demanda

Al ser consumo único se debe introducir a qué tipo de edificio va destinada la instalación, además del número de usuarios que demandarán ACS en ese edificio. En este caso también se debe especificar tanto la demanda ocupacional por meses así como si hay algún consumo extra de ACS.

En caso de que hubiera sido consumo múltiple por ejemplo para viviendas, se seleccionarían el número de viviendas con los ocupantes de cada una de ellas. Este caso no ha sido objeto de estudio en el proyecto. En la *figura 3* se muestra lo expuesto anteriormente.

CHEQ4 ult.vas



Figura 2: Configuración en la herramienta CHEQ4

CHEQ4 ult.vas

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación:

Número de personas:

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 1 360

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 1 360

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

Caso general FS 60%

Caso piscina FS 70%

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
20	25	35	45	60	80
Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
100	100	90	60	40	50

Figura 3: Demanda en la herramienta CHEQ4

## - Solar/Apoyo

En el presente punto se deben detallar una serie de parámetros tanto del circuito primario como del secundario, así como la empresa y modelo del captador. Para finalizar también se debe especificar las características del sistema de apoyo que en el caso de este proyectos es un termo eléctrico. Todo lo explicado anteriormente se puede ver con más claridad en la *figura 4*.

CHEQ4 ult.vas

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**CAPTADORES**

Empresa:

Marca/Modelo:

**AVISO:** Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

**Datos de ensayo**

Área (m2)	1.303
n0 (-)	0.776
a1 (W/m2K)	4.0079
a2 (W/m2K2)	0.016
Qtest(I/hm2)	71.3
k50	0.855
Laboratorio	TZSB-IZES gGmbH
Certificación	NPS-52011

**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores:  Captadores en serie:  Pérdidas sombras (%):

Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m2): 23.45

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

Caudal prim.(l/h):  Anticongelante (%):  Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm):  Esp. aislante (mm):  Aislante:

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Localización:

Configuración:

Demanda:

Solar/Apoyo:

Otros parámetros:

Resultados:

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Figura 4: Solar/Apoyo en la herramienta CHEQ4

## - Otros parámetros

En esta sección se debe aportar al programa los datos referentes al volumen de acumulación así como de la distribución tal y como se puede observar en la *figura 5*.

## - Resultados

En este apartado el programa expone una tabla de resultados y un gráfico. En dicha tabla se muestran los valores anuales tales como:

- Demanda neta: Demanda energética en un año teniendo en cuenta pérdidas de acumulación y distribución.
- Demanda bruta: Demanda energética en un año sin tener en cuenta pérdidas de acumulación y distribución.
- Además de la fracción solar, la aportación solar al sistema, el consumo de energía primaria auxiliar y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

La gráfica establece la evolución de los anteriores valores según los meses del año. Se puede ver con más detalle en la *figura 6*.

El programa genera automáticamente un certificado que da información al diseñador sobre si la instalación solar térmica cumple o no los requisitos exigidos del Código Técnico, además de dar información de todos los parámetros y de los resultados obtenidos.

CHEQ4 ult.vas

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m<sup>2</sup>) 51.16

**DISTRIBUCIÓN**

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)  T. imp.(°C)

Aislante

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**

Tipo A (l)  Tipo C (l)

Tipo B (l)  Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m<sup>2</sup>)

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**PISCINA CUBIERTA**

Altura (m)  Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h)  Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m<sup>2</sup>)  Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%)  Ocupación (pers/m<sup>2</sup>)

Localización

Configuración

Pestaña para la selección de

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Figura 5: Otros parámetros en la herramienta CHEQ4

CHEQ4 ult.vas

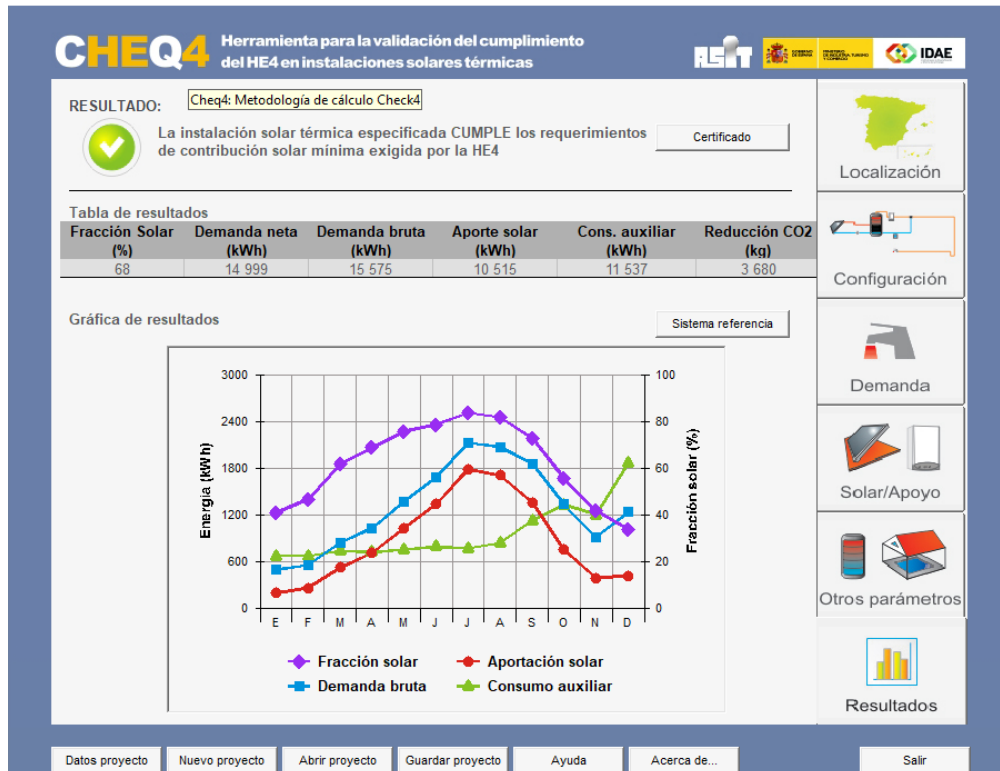


Figura 6: Resultados en la herramienta CHEQ4

## 1.5. Descripción del edificio

El edificio es el Hotel Rural Cortijo Barranco situado en Arcos de la fra. (Cádiz). Concretamente en la carretera Arcos-El Bosque (A-372 km 5.7)

Es una construcción del siglo XVII remodelada y que sirvió de vivienda familiar durante muchos años y que recientemente hace alrededor de veinte años fue convertida en hotel rural. Tiene una capacidad para cuarenta personas distribuidas en habitaciones y pequeños apartamentos en las dos alas de las que consta el hotel.

El hotel está situado en plena sierra gaditana, contando con un clima mediterráneo con muchas horas de sol y una temperatura media de 20 °C, características que hacen que el lugar sea ideal para el aprovechamiento de la energía solar.

Las cuatro esquinas del hotel que encierran un precioso y enorme patio interior marcan los puntos cardinales con asombrosa exactitud. En el proyecto se situaran los captadores en el tejado sur-este. A continuación observamos varias imágenes que permiten conocer el edificio con más detalle.



Figura 7: Vista aérea del Hotel Rural Cortijo Barranco





Figura 8: Situación geográfica del Hotel Rural Cortijo Barranco

## 1.6. Descripción de la instalación

La instalación para la producción de ACS estará destinada al abastecimiento de ACS a todas las habitaciones del hotel, y de tres apartamentos situados dentro del propio hotel. En la memoria de cálculo se detallarán datos fundamentales para el desarrollo del proyecto como el número de captadores, en serie o paralelo, capacidad del depósito, demanda cubierta, etc.

En lo que se refiere a la instalación convencional se contará con una caldera de gas natural situada en la sala de máquinas a la que llegará tanto agua de red como agua del depósito de acumulación y se deberá poner el agua a la temperatura deseada para enviarla a un depósito de acumulación auxiliar el para que posteriormente se disponga de ella. Se va a hacer una renovación del sistema convencional del hotel debido a que es antiguo y el descrito anteriormente presenta mayores ventajas en cuanto a consumo, control y regulación.

## 1.7. Situación de equipos

Como se ha comentado brevemente en el apartado de descripción del edificio, los captadores solares se situarán en el tejado orientado al sur-este  $45^\circ$  con una inclinación de  $30^\circ$ .

La sala de máquinas estará situada en la parte de abajo en una nave agrícola en la que podemos contar con suficiente espacio para todos los equipos de la instalación.

## 1.8. Principio de funcionamiento de la instalación

El funcionamiento de una instalación solar térmica es muy sencillo. Se necesita captar radiación solar y transformarla en energía solar térmica cediéndola al fluido caloportador además de almacenar dicha energía debido al más que probable desfase que puede haber entre la producción y la disposición de dicha energía. La energía se puede almacenar en el mismo fluido caloportador de los captadores o transferirla a otro para disponer de ella posteriormente en las zonas de consumo. La instalación debe contar con un sistema de apoyo, es decir, un sistema convencional que complemente la producción de energía solar térmica. Dicho sistema puede ser muy variado: Termos eléctricos, calderas eléctricas, gas natural...

A continuación se exponen los diferentes sistemas de los que está compuesto una instalación de energía solar térmica.

- Sistema de captación: Está formado básicamente por el captador solar y el fluido caloportador. Su función es captar la radiación solar y transformarla en energía térmica además de transferirla al fluido caloportador.



- Sistema de intercambio: En este sistema se transfiere la energía contenida en el fluido caloportador anterior al otro fluido, suele ser agua, ya que será usada después como ACS. Este sistema tiene una particularidad y es que puede situarse tanto dentro como fuera del sistema de acumulación.
- Sistema de acumulación: Su propio nombre indica su función. Suele constar de un gran depósito donde se almacena el agua para su posterior consumo. Este depósito debe estar muy bien aislado ya que el agua debe perder la mínima temperatura posible.
- Sistema auxiliar: Es el sistema de apoyo. Consta de una caldera convencional o termo eléctrico normalmente y es el encargado de producir el extra de energía necesaria cuando la instalación solar es insuficiente para cubrir toda la demanda que hace falta.
- Sistema hidráulico: Consta de las bombas que necesite el circuito y se encarga de que el fluido llegue a todos los puntos de la instalación.
- Sistema de regulación y control: Se encarga de mantener el correcto funcionamiento de la instalación adecuando los tiempos de funcionamiento de cada equipo y coordinando cada una de sus funciones.

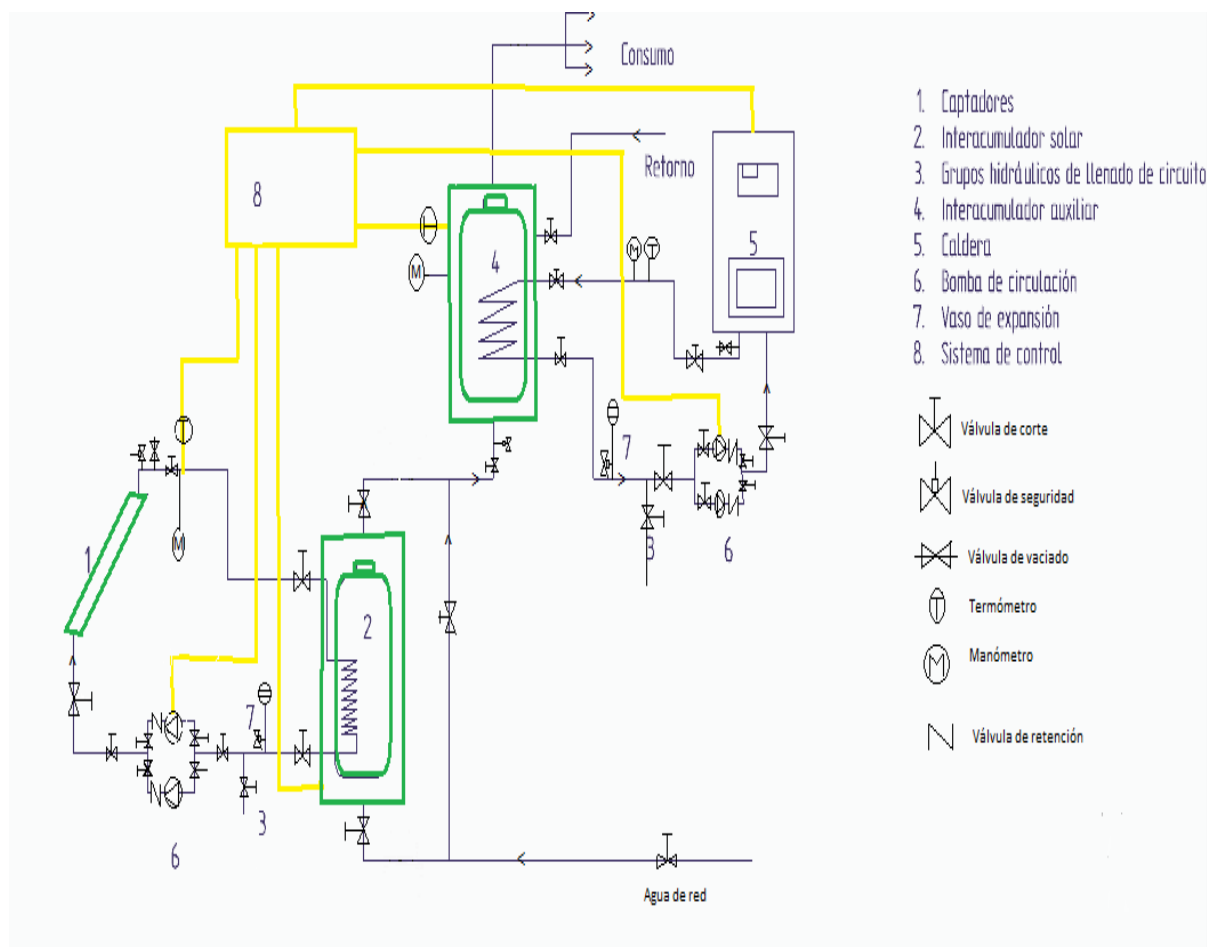


Figura 9: Subsistemas de la instalación solar

## 1.9. Elementos de la instalación

Los elementos principales de la instalación son los siguientes:

### - Captadores solares planos:

Un captador es un dispositivo que sirve para aprovechar la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de baja temperatura para usos domésticos o comerciales; calefacción, agua caliente y climatización de piscinas, fundamentalmente.

El funcionamiento del captador solar plano está compuesto por los siguientes puntos:

- 1) El aporte de energía solar no es “controlable”.
- 2) La demanda y el aporte de energía solar están desfasados.
- 3) La orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento.
- 4) El rendimiento de captación aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada.
- 5) Interesa captar la energía solar a la mayor temperatura posible.
- 6) Hay que dar preferencia al consumo de la energía solar frente a la convencional.

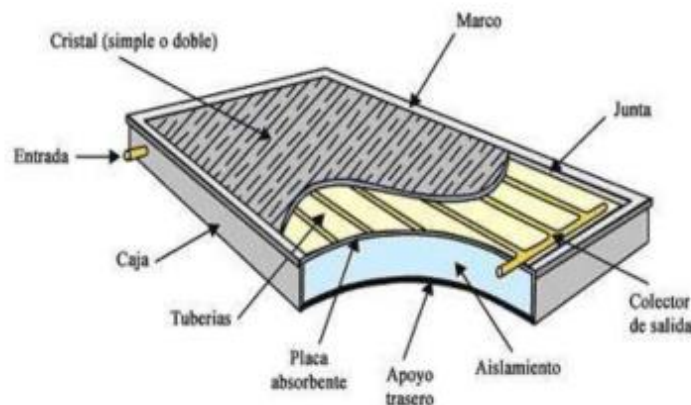


Figura 10: Elementos de un captador solar plano

### - Depósito interacumulador

La demanda y la producción de energía solar están casi siempre desfasados de tal forma que es necesario almacenar la energía para disponer de ACS cuando no se tenga suficiente radiación para cubrir las necesidades de demanda.

Por la razón comentada anteriormente se instalan y son fundamentales los depósitos de acumulación. Dichos depósitos suelen llenarse cargar durante el mediodía que es cuando mayor es la radiación solar incidente. Cabe destacar que el depósito debe aislarse bien para mantener la temperatura del agua hasta las horas de mayor demanda como son últimas horas de la tarde y primeras de la mañana.

Los depósitos normalmente se colocan en vertical para favorecer la estratificación de la temperatura. Esta disposición es para que por la diferencia de densidad entre el agua caliente y la fría, en la parte alta del acumulador se tenga el agua más caliente y sea donde se coloca la toma de salida para el consumo.

El interacumulador está destinado a lo mismo que el depósito de acumulación, la principal diferencia es que el interacumulador tiene un serpentín dentro del depósito (intercambiador de calor), el depósito de acumulación siempre tiene un intercambiador en el exterior. Salvo esta diferencia, su funcionamiento es el mismo.

El serpentín tiene como función mantener el depósito a la temperatura deseada y la energía suministrada es producida por la caldera auxiliar en este caso.



Figura 11: Depósito de acumulación

- Caldera

Es necesario contar con un sistema de apoyo para cuando no haya suficiente radiación y no quede el agua necesaria para cubrir la demanda en el depósito de acumulación.

La caldera puede ser eléctrica, convencional, de biomasa, etc. La función de la caldera es calentar un fluido, normalmente agua, que se envía al serpentín que está dentro del interacumulador para así calentar el agua de la que se dispone en el interior del depósito.



Figura 12: Caldera

- Bombas

Son los elementos encargados de mover el fluido tanto en el circuito primario como en el secundario. Contienen motores eléctricos y actúan a velocidad variable para que se pueda trabajar en diferentes rangos de condiciones de operación.



Figura 13: Bomba de circulación

- Vasos de expansión

El objetivo de los vasos de expansión es absorber el aumento de volumen que se produce en el fluido caloportador cuando sube la temperatura. Lo que se evita es que haya presiones altas en el circuito así como problemas mecánicos.



Figura 14: Vasos de expansión

- Válvulas

Son dispositivos cuya función es regular y controlar el fluido. Se puede afirmar que son un elemento clave en la instalación. Se distinguen varios tipos: vaciado, de corte, de retención, de tres vías, de seguridad y reguladora de caudal entre otras.

- Tuberías

Debemos contar con una red de tuberías para transportar los fluidos. Normalmente deberán ser de distintos diámetros en función de la aplicación que se requiera.

- Aislamiento

Tanto las tuberías como el depósito de acumulación deben tener un buen aislamiento con objeto de evitar pérdidas a

través de las paredes y mantener la temperatura del fluido.

#### - Sistema de control

En la instalación hay que ir colocando dispositivos de control tales que permitan realizar mediciones de diversos parámetros del sistema (manómetros, termómetros, etc). Estas mediciones se envían al sistema de control que se encargará de actuar en los dispositivos correspondientes dependiendo de lo que se necesite en cada instante.

En la figura 15 se puede ver un ejemplo de como sería el sistema de control en el circuito primario de una instalación que no tiene intercambiador.

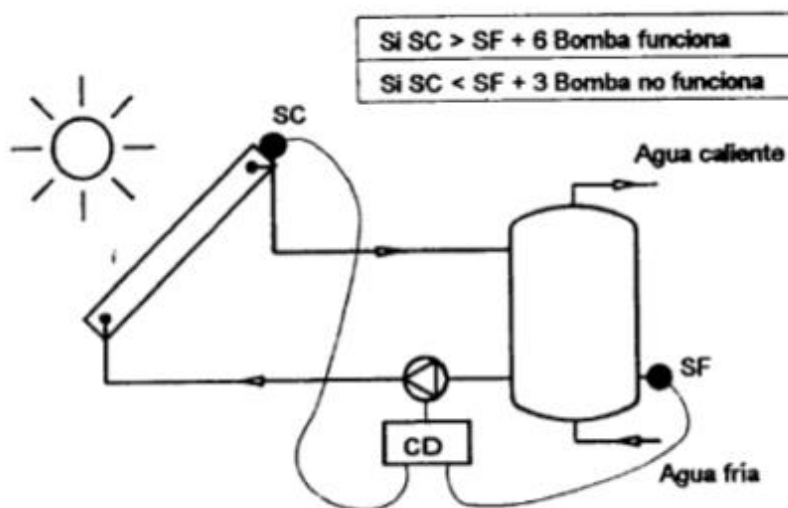


Figura 15: Sistema de control

Se colocan dos sondas de temperatura, una a la salida de los captadores solares (SC) y otra a la salida del depósito que comunica con la entrada de la bomba (SF).

El control está programado de tal manera que si  $SC > SF + 6$ , el sistema dará orden a la bomba para que esta funcione. En el caso de que  $SC < SF + 3$ , el sistema dará orden de detención a la bomba.

El objetivo es el ahorro en el consumo eléctrico de los motores que accionan las bombas de circulación y evitar que circule el fluido en horas en las que no hay radiación y conseguir que aumente la vida útil de las bombas.

El sistema de control asegura que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos, y que en ningún punto la temperatura del fluido descienda por debajo de una temperatura 3 °C superior a la de congelación del fluido.

El sistema de control también debe controlar el sistema auxiliar, haciendo arrancar la caldera cuando sea necesario.

## 1.10. Características de los equipos.

Las características de los equipos serán proporcionadas por el fabricante de cada uno de dichos equipos. La labor del proyectista es elegir bien esos equipos acorde a las necesidades de la instalación.

### 1.1.1. Captadores solares

El modelo de captador solar elegido será de la marca Cosmosolar, modelo EPI 20 cuyas características se detallan a continuación:

-Perfil de aluminio [Al Mg Si 0,5] pintado con pintura electrostática de horno, tipo Seaside Class

-Absorbedor selectivo de titanio tratado en vacío, soldado con la parrilla de tubos con tecnología laser para maximizar el tranferimiento de la energía solar al fluido caloportador.

-Coeficiente de absorción de la superficie selectiva  $\alpha \geq 0,95 \pm 0,02$

-Coeficiente de emisión de la superficie selectiva  $\varepsilon \leq 0,05 \pm 0,02$

-Tubos colectores de cobre de diámetro  $\varnothing = 22$  mm

-Parrilla de tubos de cobre.

-Vidrio templado de seguridad de espesor de 4 mm, resistentente al granizo y otros fenómenos similares.

-Coefeciente de trasmisividad del vidrio  $\tau \geq 0,90$ , de bajo contenido en hierro [Low iron]

-Aislamiento posterior de 30 mm, de lana de roca.

Coeficiente de conductividad térmica  $\lambda = 0,035$  W/m grd [ensayado a 0°C]

-Parte trasera de acero de 0,5mm de espesor, sellada con junta de goma EDPM

-Aislamiento lateral de lana de vidrio de espesor de 20 mm.

-Materiales de enstaquiedad: silicona negra y EPDM.

-Los colectores de pintura negra son idénticos con los de arriba, siendo la única diferencia el tratamiento de la superficie absorbadora:

-Absorbedor de pintura negra, tratamiento Black Solvent Paint, soldado con la parrilla de tubos con laser.

MODELO	POSICIONAMIENTO	MEDIDAS LARGOxALTOxANCHO (mm)	SUPERFICIE BRUTA (m <sup>2</sup> )	SUPERFIFIE DE APERTURA (m <sup>2</sup> )	CAPACIDAD (lt)	PESO DE COLECTOR VACÍO (kg)
EPI 20 - MNE 16	VERTICAL	1017 x 1517 x 90	1,55	1,303	1,05	27,00

Tabla 2: Modelo de captador elegido

Los datos del ensayo son los siguientes:

- $FR(\tau\alpha) = 0.89$  W/m<sup>2</sup>K
- $FR(UL) = 3.42$  W/m<sup>2</sup>K
- Irradiancia = 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura ambiente: 30 °C
- $G_{ens} = 0.02 \frac{kg}{s \cdot m^2}$

La máxima pérdida de carga será de 10 bar.

### 1.1.2. Interacumulador solar.

El modelo de interacumulador elegido es el siguiente: AKT2000S de 2000 L de capacidad.

Características	150 L	200 L	300 L	500 L	800 L	1000 L BH/BP	1500 L	2000 L	2500 L	3000 L
Sup. de serp. (m <sup>2</sup> )	1,17	1,46	1,60	2,46	2,98	2,98	3,86	4,65	7,20	7,20
Peso (kg)	91	109	123	194	261	283	380	594	717	840
Diámetro (D mm)	590	590	590	740	900	1000	1120	1260	1445	1450
Altura (A mm)	1145	1345	1900	1820	2100	2030	2300	2250	2100	2550
P <sub>max</sub> (bar) / T <sub>max</sub> (°C) de trabajo	10 bar / 95°C									

### Interacumuladores vitrificados con serpentín fijo

Modelo	Capacidad (litros)	Protección Exterior	Referencia	PVP €
ATK150S	150	Poliuretano rígido y polipiel	ACUK0150-11	730
ATK200S	200		ACUK0200-11	820
ATK300S	300		ACUK0300-11	925
ATK500S	500		ACUK0500-11	1.295
ATK800S	750		ACUK0800-11	1.980
ATK1000S	1.000		ACUK1000-11	2.480
ATK1500S	1.500	Poliuretano flexible y polipiel	ACUK1500-11	3.250
ATK2000S	2.000		ACUK2000-11	3.980
ATK2500S	2.500		ACUK2500-11	4.880
ATK3000S	3.000		ACUK3000-11	5.380

Tabla 3: Modelo de interacumulador elegido

## 1.11. Bibliografía

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 2013.
- Manual de usuario de la herramienta informática CHEQ4 ([cheq4.idae.es](http://cheq4.idae.es)).
- Código Técnico de Edificación (CTE) *Contribución solar mínima de ACS*, DB-HE, 2017.
- Departamento de Ingeniería Energética, ETSI de la Universidad de Sevilla, *Documentación de la asignatura Energía Solar*.
- Departamento de Ingeniería Energética, ETSI de la Universidad de Sevilla, *Documentación de la asignatura Instalaciones Térmicas de la Edificación*.
- Información general de energía solar. ([solar-energía.net](http://solar-energía.net)).
- Información del hotel ([www.cortijobarranco.com](http://www.cortijobarranco.com))
- Blasco Ruiz, J.I. *Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente en un hotel*, 2017.
- AENOR, Norma UNE 94002/2005, *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica*, 2005.

- AENOR, Norma UNE 94003/2007, *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*, 2007.
- AENOR, Norma UNE 100155/2004, *Climatización y diseño de sistemas de expansión*, 2004.
- Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT), *Guía ASIT Energía Solar*, 2010.
- Oficina de estadística de la union europea (Eurostat), Departamento de energía, *Base de datos*, 2018.



## **2. MEMORIA DE CÁLCULO**

---

## 2.1. Datos de partida

### 2.1.1. Datos geográficos

El edificio en cuestión, como se ha comentado con anterioridad, es el Hotel Rural Cortijo Barranco situado en Arcos de la Fra. (Cádiz). Concretamente en la carretera A-372 que va de Arcos-El Bosque km 5.6. Algunos datos geográficos relevantes son los que se muestran a continuación:

- Altitud: 139 m
- Latitud: 36° 45
- Zona climática: V

### 2.1.2. Datos climatológicos

Acorde con la norma 94003/2007 “*Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*”, el edificio en cuestión se sitúa en la zona climática V.

Con la ayuda del software CHEQ4, se ha elaborado la siguiente tabla con los datos de radiación, temperatura del agua de red y temperatura ambiente para la localidad de Arcos de la Frontera. Los datos están ordenados en función de los meses del año. Los datos de la tabla serán los que el propio software utilizará para realizar los cálculos oportunos.

Arcos de la Frontera	Radiación ( $MJ/m^2$ )	Tª Red (°C)	Tª Amb. (°C)
Enero	10	11.1	11.4
Febrero	13.4	11.1	12.1
Marzo	18.1	12.1	13.3
Abril	22.9	13.1	14.8
Mayo	26.2	15.1	17.3
Junio	28.4	17.1	20.1
Julio	28.7	18.1	22.6
Agosto	25.6	19.1	23.1
Septiembre	20.9	18.1	22.1
Octubre	14.9	16.1	18.7
Noviembre	10.7	13.1	14.7
Diciembre	8.6	11.1	11.9
Promedio	19	14.6	16.8

Tabla 4: Datos climáticos de la localidad

## 2.2. Cálculo de la demanda

Lo fundamental para conocer la demanda energética de ACS mensual y anual en MJ es conocer el consumo de agua del hotel en L/día.

### 2.2.1. Cálculo del consumo de agua.

En la sección 4 del Código Técnico de la Edificación se puede encontrar la siguiente tabla :

Demanda de referencia 60 ° (UNE 94002, a 45 °C)

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>(1)</sup>

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

(1) Los valores de demanda ofrecidos en esta tabla tienen la función de determinar la fracción solar mínima a abastecer mediante la aplicación de la tabla 2.1. Las demandas de ACS a 60 °C se han obtenido de la norma UNE 94002. Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2.) con los valores de  $T_i = 12$  °C (constante) y  $T = 45$  °C.

Tabla 5: Litros/día consumidos por persona según establecimiento

En la tabla anterior se representan los litros por persona a la temperatura de referencia (60 °C) en un día según el edificio en cuestión.

El edificio del proyecto lo incluimos dentro de hotel\*\* por lo que su consumo diario se estima en 34 L/día por persona. El hotel tiene una capacidad para 40 personas por lo que el consumo máximo diario será de 1360 L. En estas 40 personas de capacidad están incluidas la casa del guarda aunque no así la cocina y varios apartamentos alrededor del hotel independientes que tendrán su propio sistema de ACS y que no es objeto de estudio de este proyecto.

En cuanto al edificio principal cabe destacar que existen dos zonas diferenciadas de consumo, de dos plantas cada una. El ala sureste del hotel donde hay un total de 11 habitaciones y el ala noroeste donde hay un total de 8 habitaciones.

Por tanto y tal y como se ha dicho anteriormente podemos considerar que  $Q_{ACS}^{TOT} = 1360 \frac{L}{día}$

### 2.2.2. Cálculo de la demanda energética

La demanda energética de ACS puede calcularse como sigue:

$Q_{ACS}^{TOT}$ (L/día)	1360
$\rho_{agua}$ ( $\frac{kg}{L}$ )	1
$C_p$ (kJ/kgK)	4.182
$T_{ac}$ (°C)	60

Tabla 6: Datos para el cálculo de la demanda energética

Mes	Dia/mes	$Q_{ACS}^{TOT}$ (L)	$T_{af}$ (°C)	$D_{ACS}$ (MJ)
Enero	31	42160	11.1	8621.71
Febrero	28	38080	11.1	7787.35
Marzo	31	42160	12.1	8445.40
Abril	30	40800	13.1	8002.34
Mayo	31	42160	15.1	7916.46
Junio	30	40800	17.1	7319.84
Julio	31	42160	18.1	7387.52
Agosto	31	42160	19.1	7211.21
Septiembre	30	40800	18.1	7149.21
Octubre	31	42160	16.1	7740.15
Noviembre	30	40800	13.1	8002.34
Diciembre	31	42160	11.1	8621.71
TOTAL	365	496400	14.6	94205.24

Tabla 7: Cálculo de la demanda de ACS

$$D_{ACS} = Q_{ACS}^{TOT}(T_{ac}) * \rho_{agua} * C_p * (T_{ac} - T_{af}) * \Delta t$$

Donde:

$D_{ACS}$ : Demanda energética de ACS en (kJ/día)

$Q_{ACS}^{TOT}$ : Caudal total necesario de ACS (L/día)

$\rho_{agua}$ : Densidad del agua (kg/L)

$C_p$ : Calor específico del agua (kJ/kg\*K)

$T_{ac}$ : Temperatura del agua caliente (°C)

$T_{af}$ : Temperatura del agua fría (°C)

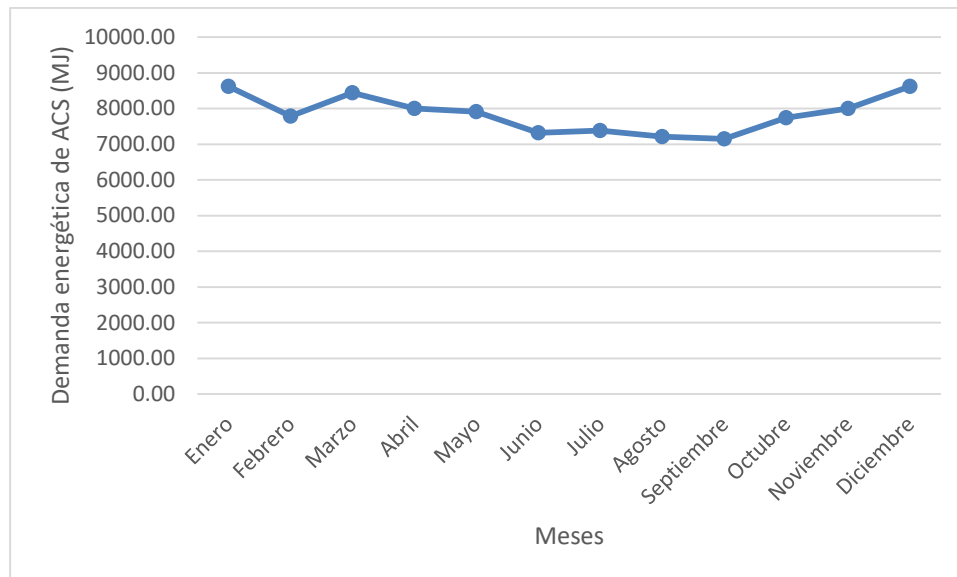


Tabla 8: Representación mensual de la demanda de ACS

### 2.3. Cálculo del volumen de acumulación y de la superficie de captación

El objetivo de este apartado es especificar el número concreto de captadores de la instalación así como el volumen de acumulación que se utilizará.

Para el volumen de acumulación se debe poner atención a dos aspectos fundamentales:

El DB-HE4 del CTE en el apartado 2.2.5 expone que el sistema de acumulación solar se debe calcular teniendo en cuenta la energía que aporta diariamente, es por eso que se tiene que prever una acumulación de acuerdo con la demanda al no darse ésta al mismo tiempo que la generación.

Es de obligado cumplimiento también la siguiente relación:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo:

V: Volumen del depósito de acumulación (L)

A: Suma de áreas de todos los captadores ( $m^2$ )

Consultando el catálogo del depósito de acumulación elegido anteriormente en el apartado 1.6.5.2 de la memoria descriptiva se observa que el elegido debe ser el modelo AKT1500S de 1500 L cumpliéndose así las exigencias del CTE.

De acuerdo a la ecuación anteriormente descrita e rango en el que se moverá el área total de los captadores será el siguiente:

$$8.33 < A < 30$$

El modelo de captador que se ha elegido es el Cosmosolar, modelo EPI 20 que tienen área de captación de  $1.303 \text{ m}^2$ . Por tanto el rango de número de captadores a instalar será el siguiente:

$$6 < N^{\circ} \text{ de paneles} < 24$$

Todos los captadores serán colocados en paralelo ya que esto mejora el rendimiento como se explicará posteriormente.

La orientación de los captadores recomendada es la orientación sur pero en el caso de este proyecto, el tejado donde irán situados los captadores tiene una desviación de  $45^{\circ}$  con respecto al sur en dirección sureste. Debido a integración arquitectónica y a otros factores se ha decidido asumir esa pérdida.

En cuanto a la inclinación, el CTE especifica que la óptima depende del periodo de utilización siendo anualmente igual a la latitud geográfica, y en épocas de verano e invierno  $+10^{\circ}$  y  $-10^{\circ}$  respectivamente.

En el caso del proyecto la inclinación de los paneles viene determinada por la inclinación del tejado donde se van a colocar y ésta es  $30^{\circ}$  por lo que se considera un valor aceptable debido a que la latitud del lugar es de unos  $36^{\circ}$ .

Otra especificación muy importante del CTE es la fracción de demanda cubierta por energía solar. Esta fracción es el tanto por ciento de la energía consumida en un año que proviene de los captadores solares. Se entiende que el resto de la energía consumida se ha producido con un equipo auxiliar.

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{total}}$$

Siendo:

$Q_{solar}$ : Potencia anual procedente de los captadores solares.

$Q_{total}$ : Potencia térmica total consumida anual.

El CTE expone que para cada zona climática y en función de la demanda de ACS, hay un mínimo de fracción de demanda cubierta que es de obligado cumplimiento. En esta instalación ese porcentaje es un 60%.

A continuación se muestran los datos de partida para posteriormente proceder a realizar algunos estudios sobre la variación de la demanda cubierta  $f$ .

Estos datos son los que el software CHEQ4 necesita para realizar los cálculos oportunos los cuales el usuario debe facilitar.

Localización	
Localidad	Arcos de la Frontera (Cádiz)
Altura	139
Configuración	
Sistema	Consumo único
Demanda	
Edificio	Hotel **
Demanda ACS	1360 L/día

Circuito primario	
Captador seleccionado	Cosmosolar, modelo EPI 20
Orientación captadores	45°
Inclinación captadores	30°
Pérdidas por sombras	0%
Porcentaje anticongelante	10
Caudal	836 L/h
Longitud circuito	80 m
Diámetro de la tubería	15 mm
Espesor del aislante de la tubería	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Circuito de distribución	
Longitud del circuito	80 m
Diámetro de la tubería	15 mm
Espesor del aislante de la tubería	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Temperatura de distribución	60 °C

Tabla 9: Datos generales de la instalación

A continuación se realizarán varios estudios para determinar el número de captadores a instalar para satisfacer todo lo descrito anteriormente y si estos captadores se deben colocar en serie o en paralelo. En dichos estudios se ha intentado comparar distintos sistemas con o sin intercambiador incorporado dentro del depósito de acumulación para ver qué sistema resultaba más apropiado en cuanto a cumplir las especificaciones.

Se barajan las siguientes alternativas de las cuales se han realizado estudios en detalle de sus parámetros fundamentales.

1) Para una instalación de consumo único con interacumulador.

a) Demanda cubierta en función del número de captadores.

En el siguiente gráfico se puede observar con claridad que el número de captadores que cumple un porcentaje de demanda cubierta del 60 % es 13 o más de 13 por lo que se debe elegir un número de captadores superior a 13.

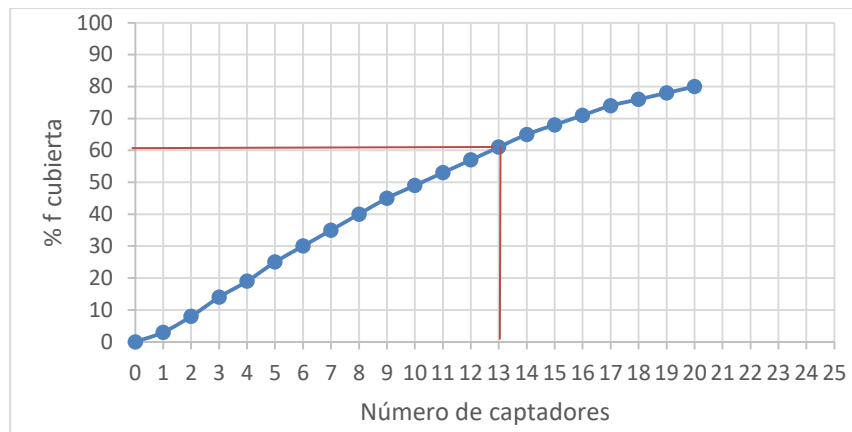


Tabla 10: Consumo único con interacumulador. Número de captadores vs %f cubierta.

b) Demanda cubierta en función del número de captadores en serie.

A continuación es necesario saber si la demanda cubierta aumenta o disminuye en función de que el tipo de conexión de los captadores sea en serie o en paralelo y como es claramente apreciable, a medida que aumenta el número de captadores en serie, el porcentaje de demanda cubierta disminuye.

Es por eso que todos los captadores se colocarán en paralelo, es decir, el número de captadores en serie será 1.

Se hace el estudio para diferentes números de captadores totales.

En todos se saca la misma conclusión y es que se debe poner un solo captador en serie como se ha comentado anteriormente y se deben poner 13 captadores ya que un aumento del número de captadores no supone apenas variación en el porcentaje de demanda cubierta.

Por tanto para un volumen específico de  $70 \frac{L}{m^2}$  y este tipo de instalación de consumo único con intercambiador independiente el número de captadores será de 13, todos ellos en paralelo representando un porcentaje de demanda cubierta del 61%.

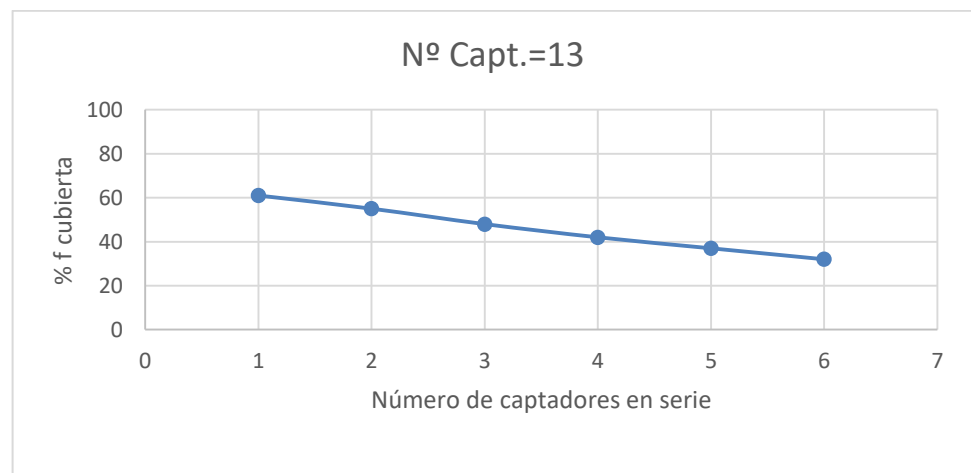


Tabla 11: Consumo único con interacumulador, para 13 Captadores, Ns vs %f cubierta



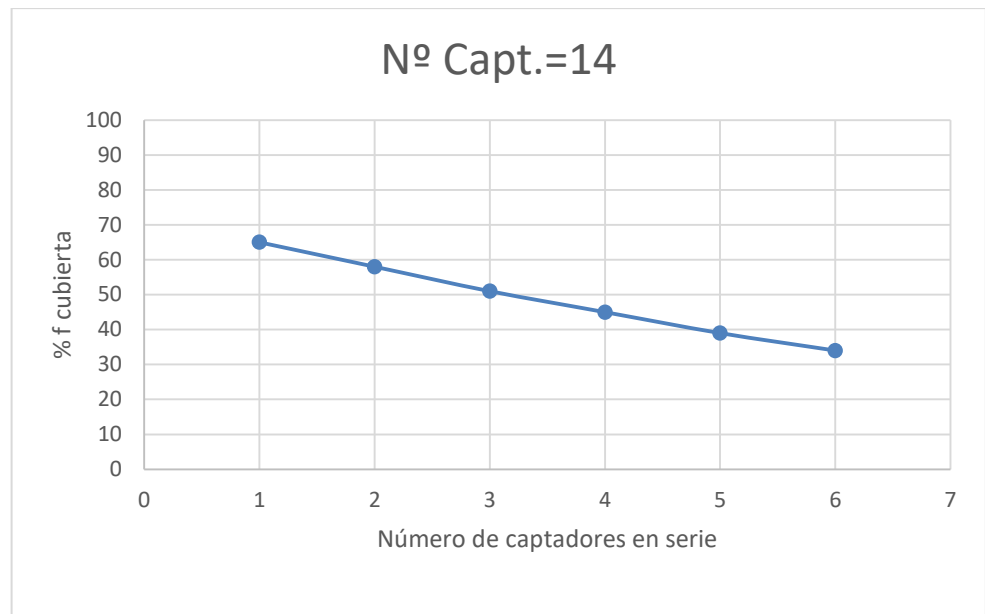


Tabla 12: Consumo único con interacumulador, para 14 Captadores, Ns vs %f cubierta

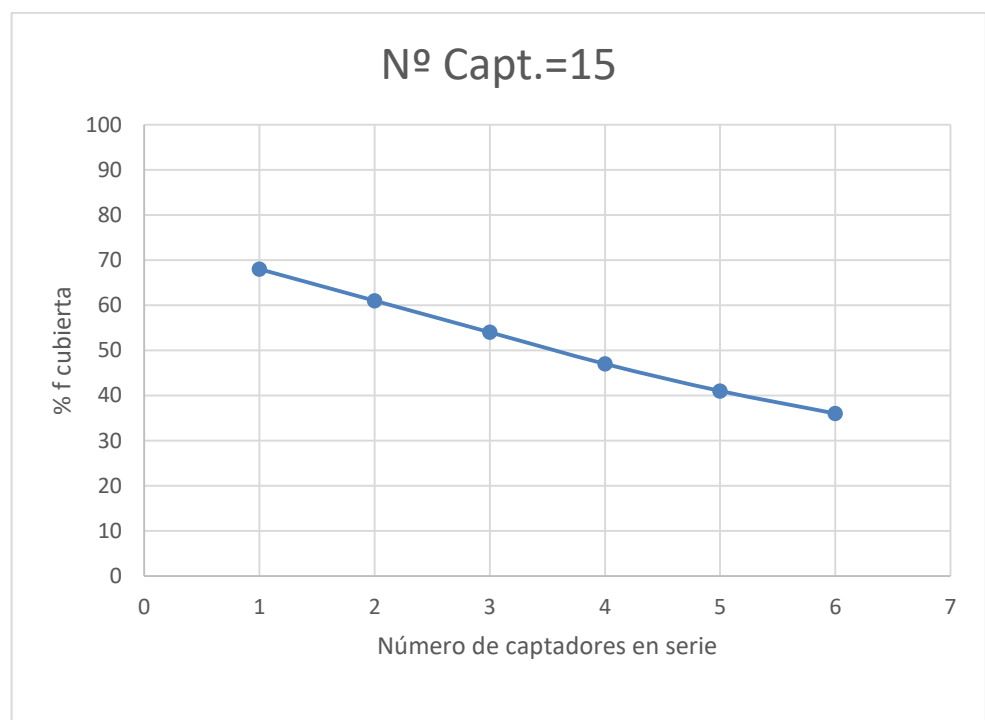


Tabla 13: Consumo único con interacumulador, para 15 Captadores, Ns vs %f cubierta

c) Demanda cubierta en función del volumen específico.

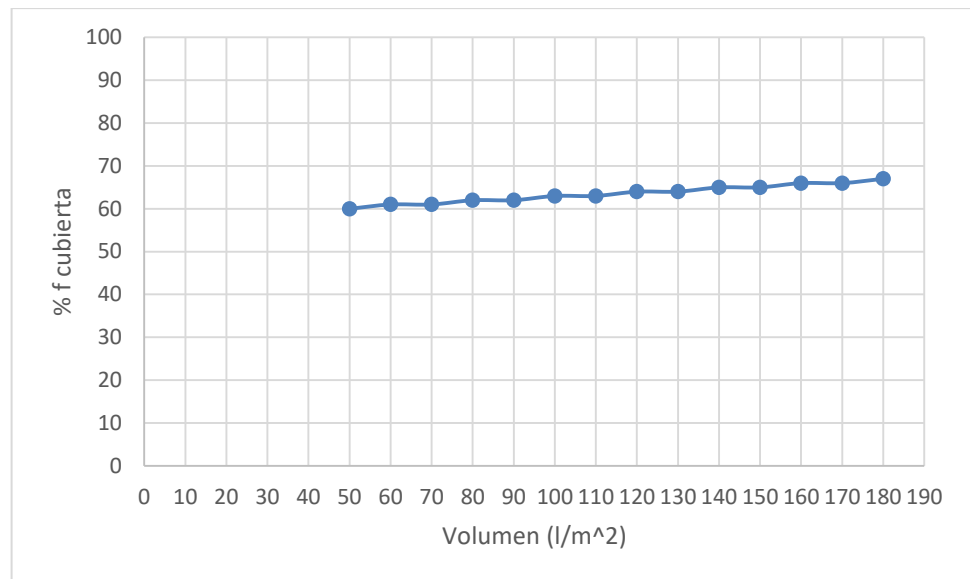


Tabla 14: Consumo único con interacumulador, para 13 Captadores, 1 Ns, Volumen vs %f cubierta

En el gráfico anterior se puede apreciar que la variación de la demanda cubierta con el volumen específico es muy pequeña y el primer valor que cumple las especificaciones del CTE ( $f > 60\%$ ) es  $70 \text{ L/m}^2$ . Esto corresponde a un Volumen total de acumulación de  $1642 \text{ L}$  lo cual es coherente con el depósito elegido que es de  $2000 \text{ L}$ .

Por tanto se puede concluir que para la instalación si se usa esta alternativa la instalación tendrá las características fundamentales que se exponen en la siguiente tabla.

Instalación de consumo único con interacumulador.	
Número total de captadores	13
Número de captadores en serie	1
Volumen específico	$70 \text{ L/m}^2$
% Demanda cubierta	61

Tabla 15: Resultados instalación de consumo único con interacumulador.

2) Para una instalación de consumo único con intercambiador independiente.

Se procede de igual modo que anteriormente con el fin de considerar otra posibilidad y se realizan los mismos estudios.

a) Demanda cubierta en función del número de captadores.

En el siguiente gráfico se puede observar que el número de captadores necesario para satisfacer el CTE es de 17 captadores como mínimo ya que con 16 el porcentaje de demanda cubierta sería de  $59\%$ , lo que presenta un número considerablemente mayor al caso anterior. El porcentaje de demanda cubierta para 17 captadores es de un  $62\%$ .

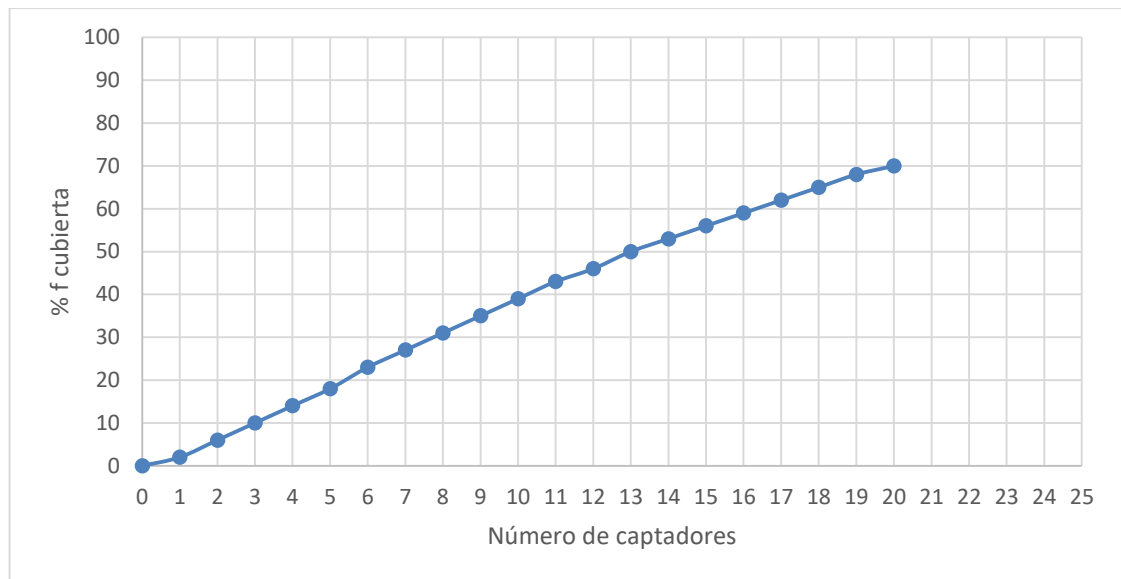


Tabla 16: Instalación de consumo único con intercambiador independiente. Número de captadores vs %f cubierta.

De igual modo que antes se aprecia claramente que el número de captadores en serie debe ser 1 para cumplir las especificaciones del CTE.

Por tanto para un volumen específico de  $70 \frac{L}{m^2}$  y este tipo de instalación de consumo único con interacumulador el número de captadores será de 17, todos ellos en paralelo representando un porcentaje de demanda cubierta del 62%.

b) Demanda cubierta en función del número de captadores en serie.

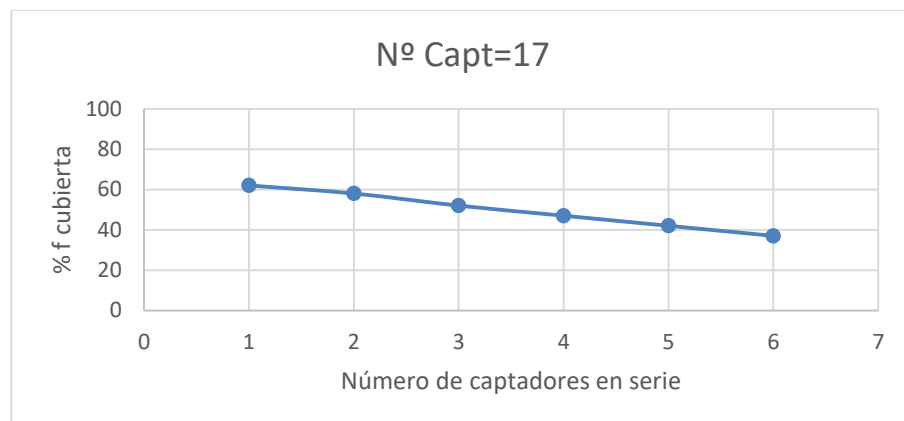


Tabla 17: Instalación de consumo único con intercambiador independiente, para 17 captadores Ns vs %f cubierta.

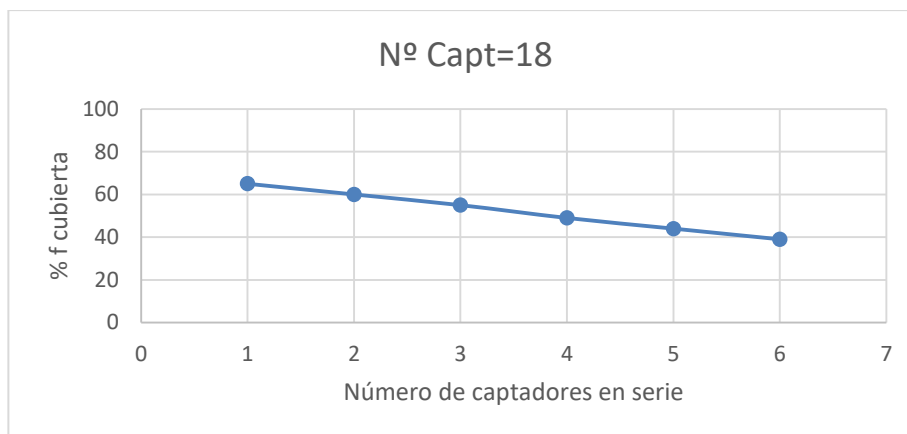


Tabla 18: Instalación de consumo único con intercambiador independiente, para 18 captadores Ns vs %f cubierta.

c) Demanda cubierta en función del volumen específico.

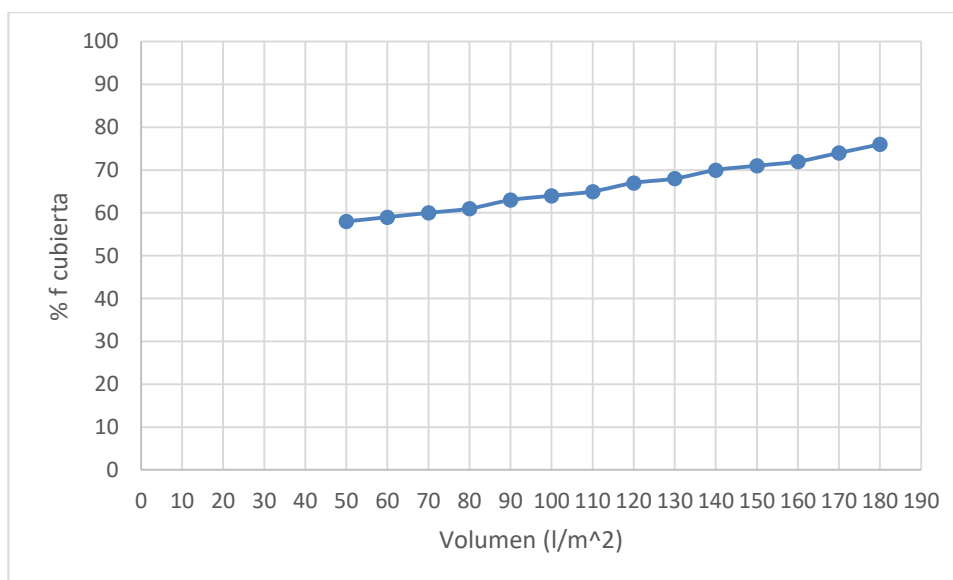


Tabla 19: Consumo único con intercambiador independiente, para 17 Captadores, 1 Ns, Volumen vs %f cubierta

En el gráfico anterior se puede apreciar que la variación de la demanda cubierta con el volumen específico de nuevo es muy pequeña y el primer valor que cumple las especificaciones del CTE ( $f > 60\%$ ) es  $70 \text{ L/m}^2$ . Esto corresponde a un Volumen total de acumulación de 1642 L lo cual es coherente con el depósito elegido que es de 2000 L.

Por tanto se puede concluir que para la instalación si se usa esta alternativa la instalación tendrá las características fundamentales que se exponen en la tabla 20.

De este modo se puede observar que la alternativa más apropiada y la que se llevará a cabo en el proyecto será la **alternativa 1** ya que tienen ambas el mismo volumen específico y se consigue con un interacumulador mayor porcentaje de demanda cubierta con menos superficie de captación lo que no da pie a tener ningún tipo de duda en la elección.

Instalación de consumo único con intercambiador independiente.	
Número total de captadores	17
Número de captadores en serie	1
Volumen específico	70 L/m <sup>2</sup>
% Demanda cubierta	60

Tabla 20: Resultados instalación de consumo único con intercambiador independiente

## 2.4. Cálculo de red de tuberías en el circuito primario

Este apartado tiene por objetivo el diseño y dimensionado de la red de tuberías del circuito primario. Se dispone de 13 captadores solares que se deben de instalar todos en paralelo. En las especificaciones del catálogo del captador elegido se puede observar que el caudal de ensayo es  $0.02 \frac{kg}{s \cdot m^2}$ .

Por tanto podemos calcular el caudal del circuito primario como:

$$Q_{primario} = G_{ens} * A_{capt} (m^2) * \frac{3600s}{h} * \rho_{agua} \left( \frac{L}{kg} \right) * N^{\circ} capt = 1219.6 \frac{L}{h}$$

Donde:

$$-G_{ens} = 0.02 \frac{kg}{s \cdot m^2}$$

$$-A_{capt} = 1.303 m^2$$

$$-\rho_{agua} = 1 \frac{L}{kg}$$

$$-N^{\circ} capt = 13$$

Se diseñará la red de tuberías de tal forma que se minimicen los metros necesarios de tuberías así como las pérdidas de carga sean lo menor posible para que la bomba tenga que dar menos presión y por tanto consuma menos electricidad. Se utilizará la técnica de retorno invertido con la idea de no tener que recurrir a válvulas de equilibrado que la red de tuberías presente estabilidad y equilibrio. A continuación, se observa la planta de la red de tuberías distinguiendo los diferentes tramos. Los diámetros, caudales y pérdidas de presión se proporcionan en la tabla 24.

La figura 16 representa lo comentado anteriormente: esquema en planta de la red de tuberías

En el diseño de tuberías también se debe cumplir la siguiente normativa, en función de la cual se determinarán los diámetros óptimos de las tuberías:

- La velocidad del agua en las tuberías debe ser  $< 1.2$  m/s.
- La pérdida de carga admisible debe estar en el siguiente rango:  $200 < DP < 400$  Pa/m.

En base a estas dos premisas se elaboran las siguientes tablas mediante la función de Excel creada por el profesor de la ETSI de Sevilla Juan Fco Coronel Toro para el cálculo de redes de agua y disponile en su página web para todo el alumnado.

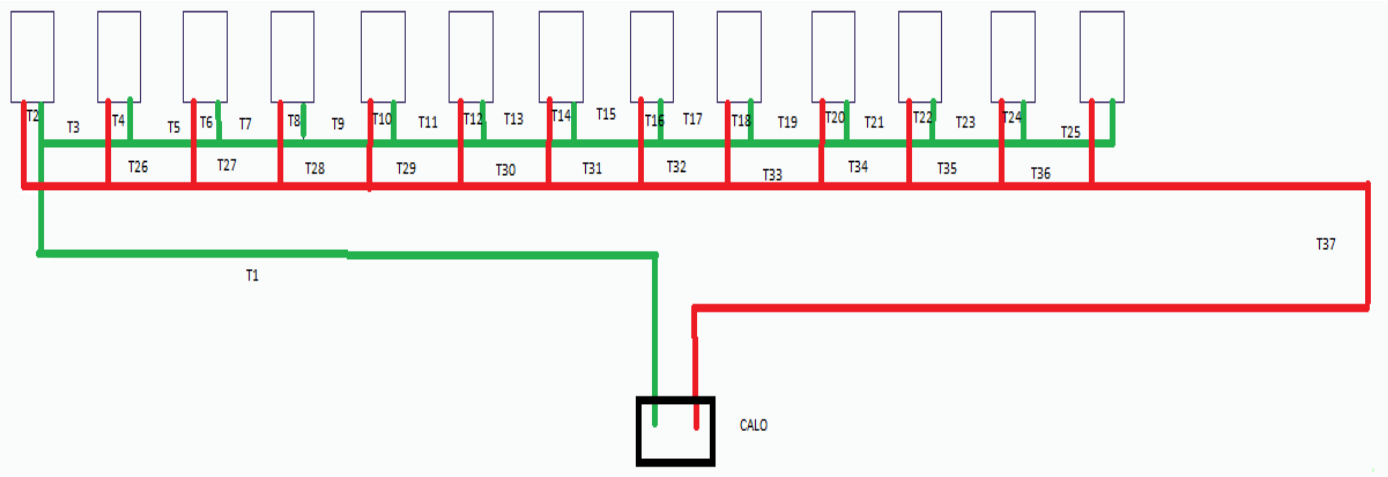


Figura 16: Esquema en planta de la red de tuberías

En la elección de los diámetros óptimos en algunos casos se ha tenido que incumplir los límites establecidos en cuanto a pérdida de carga o velocidad mínimamente pero este incumplimiento se asume ya que el diseño también está condicionado por los caudales que circulan por la red que son fijos, así como los diámetros comerciales disponibles. Teniendo el caudal del circuito primario, se ha procedido a realizar balance de masa para los diferentes tramos de las tuberías. Por tanto los datos de partida para la realización de la tabla son dichos caudales y los distintos diámetros posibles por lo que mediante la función excel mencionada anteriormente se genera dicha tabla.

Con todo lo comentado anteriormente se disponen de las siguientes tablas de pérdida de presión y velocidad para la elección de los diámetros en función de los caudales:

	DP(Pa/m)					
D(")	0.375	0.5	0.75	1	1.25	1.5
D(mm)	9.525	12.7	19.05	25.4	31.75	38.1
Q(l/h)						
1219.6	26845.3	6753.6	975.4	248.5	86.3	36.4
1125.784	23272.3	5861.7	847.8	216.2	75.1	31.7
1031.968	19931.4	5026.7	728.2	185.9	64.7	27.3
938.152	16825.5	4249.2	616.6	157.6	54.9	23.2
844.336	13958.0	3530.4	513.3	131.4	45.8	19.4
750.52	11332.9	2871.2	418.3	107.2	37.4	15.8
656.704	8954.7	2272.9	331.9	85.2	29.8	12.6
562.888	6828.9	1737.0	254.4	65.4	22.9	9.7
469.072	4962.2	1265.4	185.9	47.9	16.8	7.1
375.256	3363.3	860.3	127.0	32.8	11.5	4.7
281.44	2043.4	524.8	77.9	20.1	5.9	1.9
187.624	1018.6	263.2	37.4	6.3	2.5	1.2
93.816	300.0	50.1	9.6	3.0	1.2	0.6

Tabla 21: Pérdidas de presión en tuberías en función del caudal y diámetro

Como se ha comentado anteriormente para ciertos caudales se sobrepasan los límites o no se llega. El que más destaca por este motivo en este afecto es el caudal de 375.256 L/h ya que una pérdida de presión de 127 Pa/m es demasiado baja por lo que hay que recurrir al siguiente diámetro más pequeño que ya se produce una pérdida algo excesiva como es de 860.3 Pa/m pero no queda más remedio que soportar.

	v(m/s)					
D(")	0.375	0.5	0.75	1	1.25	1.5
D(mm)	9.525	12.7	19.05	25.4	31.75	38.1
Q(l/h)						
1219.6	4.75	2.67	1.19	0.67	0.43	0.30
1125.784	4.39	2.47	1.10	0.62	0.39	0.27
1031.968	4.02	2.26	1.01	0.57	0.36	0.25
938.152	3.66	2.06	0.91	0.51	0.33	0.23
844.336	3.29	1.85	0.82	0.46	0.30	0.21
750.52	2.93	1.65	0.73	0.41	0.26	0.18
656.704	2.56	1.44	0.64	0.36	0.23	0.16
562.888	2.19	1.23	0.55	0.31	0.20	0.14
469.072	1.83	1.03	0.46	0.26	0.16	0.11
375.256	1.46	0.82	0.37	0.21	0.13	0.09
281.44	1.10	0.62	0.27	0.15	0.10	0.07
187.624	0.73	0.41	0.18	0.10	0.07	0.05
93.816	0.37	0.21	0.09	0.05	0.03	0.02

Tabla 22: Velocidades del fluido en función del caudal y diámetro

Las velocidades que se obtienen deben tener el mismo diámetro que las pérdidas de carga obtenidas anteriormente, es decir, son una consecuencia. En este caso sí se cumple la especificación de velocidad <1.2 m/s.

A continuación se calcularán las pérdidas totales de la red para así poder dimensionar la bomba. Se ha elaborado una table excel dónde aparece toda la información para calcular las mismas en función de multiples parámetros.

La pérdida de carga total de la red de tuberías se calcula como:

$$\Delta P_{TOT} = \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{equipos}$$

A continuación se explica como se ha calculado cada término para cada uno de los diferentes tramos de la red:

#### 1) Pérdida de carga por longitud de tuberías ( $\Delta P_{tuberías}$ )

De la tabla 23 se tiene los Pa/m que se pierden en función del caudal circulante y del diámetro de la tubería. Además se ha medido la longitud de cada tramo por lo que:

$$\Delta P_{tuberías} = \Delta P \left( \frac{Pa}{m} \right) * L_{tramo(m)}$$

#### 2) Pérdida de carga por accesorios

Se deben conocer los accesorios que tienen cada tramo, para mediante la tabla 23, saber cual es la longitud equivalente y calcular el producto con la pérdida de presión en Pa/m para el tramo que corresponda:

$$\Delta P_{accesorios} = \Delta P \left( \frac{Pa}{m} \right) * L_{tramo(m)}$$

TRAMO 1: 3 codos y 1 curva

TRAMO 2: 1 T en rama alineada, 1 codo y 2 válvulas de corte

TRAMO 3: 1 T en rama derivada

TRAMO 4: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte

TRAMO 5: 1 T en rama alineada  
TRAMO 6: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 7: 1 T en rama alineada  
TRAMO 8: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 9: 1 T en rama alineada  
TRAMO 10: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 11: 1 T en rama alineada  
TRAMO 12: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 13: 1 T en rama alineada  
TRAMO 14: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 15: 1 T en rama alineada  
TRAMO 16: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 17: 1 T en rama alineada  
TRAMO 18: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 19: 1 T en rama alineada  
TRAMO 20: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 21: 1 T en rama alineada  
TRAMO 22: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 23: 1 T en rama alineada  
TRAMO 24: 2 T en ramas derivadas y 2 válvulas de corte  
TRAMO 25: 1 T en rama alineada, 1 T en rama derivada y 1 codo  
TRAMO 26: 1 T en rama alineada  
TRAMO 27: 1 T en rama alineada  
TRAMO 28: 1 T en rama alineada  
TRAMO 29: 1 T en rama alineada  
TRAMO 30: 1 T en rama alineada  
TRAMO 31: 1 T en rama alineada  
TRAMO 32: 1 T en rama alineada  
TRAMO 33: 1 T en rama alineada  
TRAMO 34: 1 T en rama alineada  
TRAMO 35: 1 T en rama alineada  
TRAMO 36: 1 T en rama alineada  
TRAMO 37: 1 T en rama alineada, 4 codos y 1 curva

La tabla que aporta la longitud equivalente de cada accesorio es la que se muestra a continuación:



Diámetro nominal (")	Codo 90º	Curva 90º	Curva 45º	Codo doble 180º	Curva doble 180º	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05	0.17	2.13		0.68	0.33
3/8	0.12	0.12	0.06	0.12	0.12	0.08	0.28	3.53		1.12	0.55
1/2	0.17	0.16	0.09	0.17	0.17	0.11	0.40	5.01	0.17	1.59	0.80
3/4	0.29	0.26	0.15	0.29	0.27	0.17	0.66	8.05	0.27	2.56	1.34
1	0.40	0.36	0.21	0.40	0.37	0.24	0.92	11.11	0.37	3.52	1.93
1-1/4	0.52	0.46	0.27	0.52	0.47	0.31	1.19	14.09	0.46	4.47	2.55
1-1/2	0.64	0.56	0.33	0.64	0.57	0.37	1.45	16.96	0.55	5.38	3.20
2	0.87	0.74	0.46	0.87	0.74	0.49	1.98	22.27	0.70	7.06	4.57
2-1/2	1.10	0.89	0.59	1.10	0.90	0.59	2.48	26.95	0.83	8.56	6.01
3	1.32	1.03	0.72	1.32	1.03	0.68	2.96	31.01	0.91	9.86	7.52
3-1/2	1.53	1.14	0.85	1.53	1.14	0.76	3.40	34.48	0.97	10.99	9.07
4	1.73	1.24	0.97	1.73	1.22	0.83	3.83	37.46	1.00	11.99	10.68
5	2.10	1.38	1.22	2.10	1.35	0.92	4.60	42.32	0.98	13.71	14.00

Tabla 23: Pérdida de presión en accesorios según el diámetro y el tipo de accesorio

- 3) Pérdida de presión a su paso por los equipos: Se especifica que se pierde 31 KPa en los captadores solares y la pérdida de carga en el intercambiador será de 4,5 KPa.

Por último se han analizado los distintos circuitos de la red de tuberías. No es necesario analizar todos ya que las pérdidas en los circuitos centrales serán iguales. Por tanto se han analizado las pérdidas de carga en el circuito primero, en el tercero y en el último. Los resultados son los esperados, es decir el circuito con mayor pérdida de carga será el circuito primero que pasa por los tramos 1, 2, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37. La pérdida de carga máxima y por tanto de diseño de la bomba, será la de este circuito que es 61.45 KPa.

A continuación se muestran los resultados de todo lo comentado anteriormente:

TRAMOS	L(m)	V(l/h)	D(")	Dp(Pa/m)	DP_tub(kPL_eq(m)	Dp_(kPa)	Dp_equip	Dp_Tot(Kpa)	
T1	16.61	1219.60	1.00	248.54	4.13	1.56	0.39	0.00	6.08
T2	3.25	93.82	0.38	299.96	0.97	1.30	0.39	31.00	33.66
T3	1.53	1125.78	1.00	216.23	0.33	0.92	0.20	0.00	1.45
T4	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T5	1.53	1031.97	1.00	185.91	0.28	0.24	0.04	0.00	0.57
T6	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T7	1.53	938.15	0.75	616.61	0.94	0.17	0.10	0.00	1.22
T8	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T9	1.53	844.34	0.75	513.26	0.79	0.17	0.09	0.00	1.04
T10	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T11	1.53	750.52	0.75	418.31	0.64	0.17	0.07	0.00	0.88
T12	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T13	1.53	656.70	0.75	331.94	0.51	0.17	0.06	0.00	0.73
T14	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T15	1.53	562.89	0.75	254.39	0.39	0.17	0.04	0.00	0.60
T16	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T17	1.53	469.07	0.75	185.94	0.28	0.17	0.03	0.00	0.49
T18	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T19	1.53	375.26	0.50	860.31	1.32	0.11	0.09	0.00	1.52
T20	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67

T21	1.53	281.44	0.50	524.79	0.80	0.11	0.06	0.00	0.97
T22	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T23	1.53	187.62	0.50	263.15	0.40	0.11	0.03	0.00	0.54
T24	1.72	93.82	0.38	299.96	0.52	1.66	0.50	31.00	33.67
T25	3.25	93.82	0.38	299.96	0.97	0.48	0.14	0.00	1.60
T26	1.53	187.62	0.50	263.15	0.40	0.11	0.03	0.00	0.54
T27	1.53	281.44	0.50	524.79	0.80	0.11	0.06	0.00	0.97
T28	1.53	375.26	0.50	860.31	1.32	0.11	0.09	0.00	1.52
T29	1.53	469.07	0.75	185.94	0.28	0.17	0.03	0.00	0.49
T30	1.53	562.89	0.75	254.39	0.39	0.17	0.04	0.00	0.60
T31	1.53	656.70	0.75	331.94	0.51	0.17	0.06	0.00	0.73
T32	1.53	750.52	0.75	418.31	0.64	0.17	0.07	0.00	0.88
T33	1.53	844.34	0.75	513.26	0.79	0.17	0.09	0.00	1.04
T34	1.53	938.15	0.75	616.61	0.94	0.17	0.10	0.00	1.22
T35	1.53	1031.97	1.00	185.91	0.28	0.24	0.04	0.00	0.57
T36	1.53	1125.78	1.00	216.23	0.33	0.24	0.05	0.00	0.62
T37	10.34	1219.60	1.00	248.54	2.57	2.20	0.55	0.00	5.32

Tabla 24: Datos exhaustivos de los diferentes tramos de las tuberías.

## 2.5. Dimensionado de la bomba del circuito primario.

Como se ha comentado con anterioridad se debe elegir la bomba en función de cual sea el circuito de máxima pérdida de presión. Este es el circuito 1 y su pérdida de presión con todo lo comentado anteriormente es 61.45 kPa por lo que se debe elegir una bomba que supere este valor y que sea capaz de vehicular el caudal máximo para la instalación que es de 1219.6 L/h calculado anteriormente.

La bomba seleccionada se ha elegido mediante la página web de Grundfos que ofrece al usuario la posibilidad de introducir las variables de su diseño y así obtener la bomba que más se ajusta a ellas. La bomba elegida es el modelo UPS 80-80F de Grundfos.

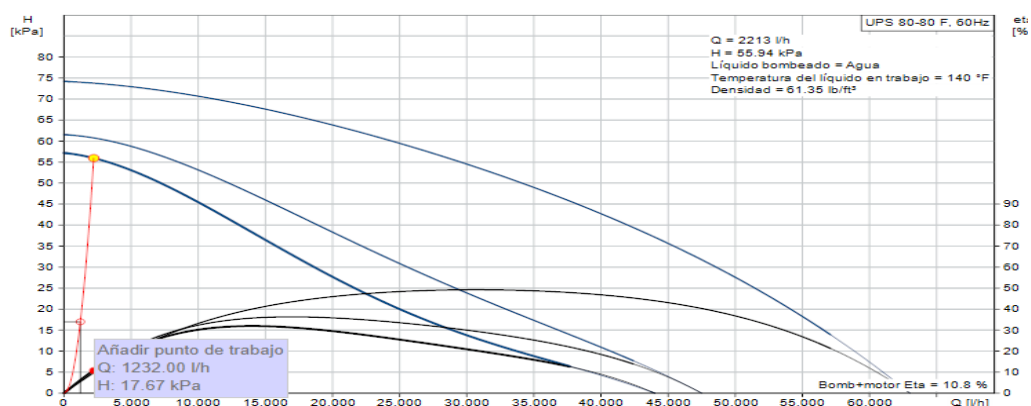


Figura 17: Curvas características de la bomba del circuito primario.

## 2.6. Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario

En esta instalación se debe colocar un vaso de expansión con el objetivo de absorber las variaciones de volumen del fluido contenido en el circuito al variar la temperatura, manteniendo la presión entre los límites que han sido establecidos y evitando pérdidas y reposiciones de agua.

La normativa que rige este tipo de equipos es la norma UNE 100155: Diseño y cálculos de sistemas de expansión. También el RITE recomienda dicha norma en su instrucción LT 1.3.4.2.4.

A continuación se especifica cómo se calcula el volumen del vaso de expansión:

$$V_{\text{vaso}} = V_{\text{tot}} * C_e * C_p$$

Siendo:

- $V_{\text{vaso}}$ : Volumen mínimo del vaso de expansión

- $V_{tot}$ : Volumen que ocupa el circuito primario con un factor de seguridad de 10%
- $C_e$ : Coeficiente de expansión del fluido
- $C_p$ : Coeficiente de presión

Se calculará el volumen del circuito primario como la suma de todo el volumen de todos los tramos, añadiendo el volumen del serpentín del captador. La longitud de este serpentín no nos la proporciona el fabricante por lo que la suponemos como 2,5 m para cada captador situándose siempre con cierto margen de error al alza. El diámetro del serpentín será de 0.375". En cuanto al volumen del serpentín del acumulador en el catálogo se puede observar que es 118.11 L ( $4.65m^2 * 0.0254m * 1000 L/m^3$ ). Por tanto el volumen del circuito primario será:

#### Calculo del volumen total del circuito primario

Tramos	Long(m)	Q(l/h)	D(")	V(L)
T1	16.61	1219.60	1.00	8.41
T2	3.25	93.82	0.38	0.23
T3	1.53	1125.78	1.00	0.78
T4	1.72	93.82	0.38	0.12
T5	1.53	1031.97	1.00	0.78
T6	1.72	93.82	0.38	0.12
T7	1.53	938.15	0.75	0.44
T8	1.72	93.82	0.38	0.12
T9	1.53	844.34	0.75	0.44
T10	1.72	93.82	0.38	0.12
T11	1.53	750.52	0.75	0.44
T12	1.72	93.82	0.38	0.12
T13	1.53	656.70	0.75	0.44
T14	1.72	93.82	0.38	0.12
T15	1.53	562.89	0.75	0.44
T16	1.72	93.82	0.38	0.12
T17	1.53	469.07	0.75	0.44
T18	1.72	93.82	0.38	0.12
T19	1.53	375.26	0.50	0.19
T20	1.72	93.82	0.38	0.12
T21	1.53	281.44	0.50	0.19
T22	1.72	93.82	0.38	0.12
T23	1.53	187.62	0.50	0.19
T24	1.72	93.82	0.38	0.12
T25	3.25	93.82	0.38	0.23
T26	1.53	187.62	0.50	0.19
T27	1.53	281.44	0.50	0.19
T28	1.53	375.26	0.50	0.19
T29	1.53	469.07	0.75	0.44
T30	1.53	562.89	0.75	0.44
T31	1.53	656.70	0.75	0.44
T32	1.53	750.52	0.75	0.44
T33	1.53	844.34	0.75	0.44
T34	1.53	938.15	0.75	0.44

T35	1.53	1031.97	1.00	0.78
T36	1.53	1125.78	1.00	0.78
T37	10.34	1219.60	1.00	5.24
<b>Captadores</b>	32.50	93.82	0.38	2.32
<b>Serp.Acum</b>				118.11
<b>Total sin coef</b>				145.39
<b>Coef seguridad</b>				1.10
<b>Total</b>				159.93

Tabla 25: Tramos de tuberías

A continuación se calculará el coeficiente de expansión:

$$C_e = (-1.75 + 0.064 * T + 0.0036 * T^2) * 0.001 * f_c$$

Siendo:

- T: Temperatura del tramo donde está el vaso de expansión (60°C)
- $f_c$ : factor corrector mezcla agua-glicol

$$f_c = a * (1.83 * T + 32)^b$$

Donde:

$$a = -0.0134 * (G^2 - 143.8 * G + 1918.2) = 7.4745$$

$$b = 3.5 * 10^{-4} * (G^2 - 94.57 * G + 500) = -0.347$$

$$G = 20 \text{ (Porcentaje de glicol en agua)}$$

Se obtiene un coeficiente de expansión de:

$$C_e = 0.015 * 1.345 = 0.0202$$

Para finalizar se debe calcular el coeficiente de presión:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

Donde  $P_M$  y  $P_m$  son la presión máxima y mínima respectivamente.

La presión máxima corresponde a la máxima que admiten los equipos de la instalación que en este caso es de 10 bar como se puede observar en el catálogo de los captadores. La presión mínima es la presión estática existente entre el punto más elevado y el vaso de expansión que en este caso es de 0.343 bar (man). Se recomienda un coeficiente de seguridad de 0.5 bar por lo que la presión mínima será de 1.843 bar.

Por tanto se obtiene un valor de:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = 1.23$$

Es así que el vaso de expansión debe tener un volumen de :

$$V_{vaso} = V_{tot} * C_e * C_p = 159.927 * 0.0202 * 1.23 = 3.97 \text{ L}$$

El vaso de expansión elegido pues, será de la marca Ibaiondo modelo CMR de 8 litros de capacidad.

## Descripción

- Vaso de expansión de 8 litros
- Membrana fija (no intercambiable)
- Para circuitos de agua caliente sanitaria
- Vaso de expansión para instalaciones de agua caliente sanitaria ACS en circuitos abiertos.
- Membrana □ ja, no recambiable o membrana recambiable según modelo.
- Membrana según DIN 4807 apta para contener agua potable.
- Conexión de agua en Inoxidable AISI 304 o AISI 316.
- Temperatura - 10° C + 100° C.
- Precarga 3 Bar

Tipo	5 CMR
Presión Max.Bar	10 BAR
Temperatura Mínima/Máxima	-10+100°C
Capacidad	5 L
Precarga	3 BAR
Dimensiones	200X245
Conexión Agua R	3/4
Peso Kg.	2.00
Código	01005012

Capacidad en litros	8 litros
Tipo de circuito	ACS
Referencia	01008012
Garantía	2 años
Marca	<a href="#">IBALONDO</a>
Dificultad de la instalación	Baja
Promociones Destacadas	Mejor precio online, Top Ventas

Figura 18: Parámetros del vaso de expansión

## 2.7. Cálculo del equipo auxiliar

Como ya se ha comentado a lo largo de todo el proyecto, es necesario un sistema auxiliar de energía para complementar la contribución solar y proporcionar suficiente energía para cubrir la demanda prevista garantizando siempre el consumo óptimo del usuario aunque la radiación solar no sea mucha y la demanda supere a ésta.

Cabe destacar que este sistema solo se pondrá en marcha en caso de ser necesario, es decir, siempre que el aporte solar no pueda cubrir por completo la demanda total. Cabe destacar que este sistema se diseñará como si no hubiera instalación solar.

En el caso de este proyecto se utilizará como sistema auxiliar una caldera individual además de un interacumulador alimentado por gas natural.

Además se ha instalado un termostato auxiliar que controla la temperatura además de adaptarse a la ley para el control de la legionella.

### - INTERACUMULADOR AUXILIAR:

Se debe conocer el caudal simultáneo del hotel para saber cual debe ser el volume de éste.

Dicho caudal será calculado mediante una expression que será comentada posteriormente y que depende del caudal total de ACS que consmirá el hotel.

En la table 26, del CTE se puede observar el caudal instantáneo mínimo de los diferentes aparatos de consumo que serán instalados en el hotel.

A partir de ésta, se calcula la suma de caudales mínimos que se dan instantáneamente ( $Q_t$ ), por lo que solo haría falta obtener el coeficiente de simultaneidad para aplicándose para obtener el caudal que se busca.

Estos coeficientes son los mostrados en la tabla 27 que han sido sacados de la norma UNE 149201:2017

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 26: Caudal instantáneo mínimo de ACS en función del dispositivo utilizado.

	Bañeras	Duchas	Bidés	Lavabos	Fregadero doméstico
Caudal ACS (L/s)	0.15	0.1	0.065	0.065	0.1
Habitaciones	14	6	20	20	1
SUBTOTAL	2.1	0.6	1.3	1.3	0.1
TOTAL	5.4				

Tabla 27: Suma de todos los caudales simultáneos

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5} - 1,83$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27} - 6,65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,5} + 11,5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27} - 3,41$

Tabla 28: Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios

Siendo:

- $Q_t$ : Caudal total instalado
- $Q_c$ : Caudal que se busca, caudal simultáneo

Se debe utilizar por tanto la expresión:

$$Q_c = 0.698 * Q_t^{0.5} - 0.12 = 1.5 \text{ L/s}$$

Por tanto el volumen de acumulación será dependiente del tiempo de utilización que se estima en media hora para estar sobradamente con margen sobrante, es decir del lado de la seguridad.

$$V = Q_c * 60 \frac{s}{min} * 30 \text{ min} = 2700 \text{ L}$$

Con el mismo catálogo del interacumulador solar, se elige el modelo de interacumulador AKT3000S de 3000 L de capacidad.

- CALDERA AUXILIAR:

En primer lugar la potencia útil aportada por la caldera será:

$$P_{\text{útil}} = V_{\text{intercambiador}} * C_p * \frac{T_{\text{ACS}} - T_{\text{af}}}{t_{\text{prep}}} = 3000 \text{ L} * \frac{4.19 \text{ KJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * \frac{60 - 14.6}{3600 \text{ s}} = 158.52 \text{ kW}$$

Siendo:

$V_{\text{intercambiador}}$ : Volumen del depósito auxiliar

$C_p$ : Calor específico del agua supuesto constante

$T_{\text{ACS}}$ : Temperatura de distribución del aguacaliente sanitaria

$T_{\text{af}}$ : Temperatura de distribución del agua fría

$t_{\text{prep}}$ : Tiempo de preparación, el cual se supone 1 hora

Una vez hallada la potencia útil, se debe aplicar un coeficiente de seguridad debido a las posibles pérdidas térmicas en el transporte y en almacenamiento auxiliar del fluido. Para situar la instalación del lado de la seguridad sobradamente se aplicará un coeficiente de 1.3.

Por tanto se necesita una caldera de una potencia de:

$$P_{\text{TOT}} = P_{\text{útil}} * 1.3 = 206.08 \text{ kW}$$

La caldera elegida será de la marca ADISA con una potencia máxima de 241 Kw modelo ADI CD.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CÓDIGO	MODELO ADI CD	POTENCIA ÚTIL MÁX. T=40°C kW	POTENCIA ÚTIL MÁX. T=70°C kW	POTENCIA ÚTIL MÍN. T=40°C kW	PESO SIN AGUA kg	VOLUMEN AGUA litros	P.V.P. €	PRECIO NETO PUERTA EN MARCHA €
508403	<b>70</b>	70	70,5	23,3	110	30	4.442	150
508404	<b>85</b>	86,1	85	27,5	116	33	4.704	150
508405	<b>105</b>	105,6	104	34	120	34	5.098	150
508408	<b>120</b>	121,3	120	39	135	34	6.085	150
508409	<b>175</b>	163,4	161,8	52,3	138	35	7.750	150
508410	<b>200</b>	204,5	197,5	63,1	330	86	9.800	225
508411	<b>250</b>	244,7	241	77,4	350	90	11.250	225
508412	<b>325</b>	302,6	294	94,4	440	112	13.493	250
508413	<b>375</b>	358,7	354	113,6	445	118	16.475	250
508414	<b>450</b>	443,5	440	141	460	118	19.055	250
508415	<b>550</b>	535,5	530	173,8	480	120	22.452	250
508416	<b>650</b>	605	598	195,2	485	120	24.921	250
508417	<b>750</b>	682,4	675	220,1	485	120	26.925	250
508492	<b>850</b>	802,1	792,7	256,1	545	164	28.450	285
508493	<b>950</b>	904,1	892,3	380,9	545	164	29.995	285



Tabla 29: Especificaciones técnicas de la caldera.

Las longitudes de la caldera son las siguientes:

MODELO ADI CD	A	H	L1	F (7)	HA	HF	HG
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>70</b>	350	1.110	595	150	774	208	915
<b>85</b>	350	1.110	615	150	774	208	915
<b>105</b>	350	1.110	635	150	774	208	915
<b>120</b>	450	1.110	635	150	774	198	963
<b>175</b>	450	1.110	655	150	774	198	963
<b>200</b>	660	1.583	940	175	937	403	1.156
<b>250</b>	660	1.583	940	175	937	403	1.156
<b>325</b>	810	1.583	940	250	936	445	1.156
<b>375</b>	810	1.583	940	250	936	445	1.190
<b>450</b>	810	1.583	940	250	936	445	1.190
<b>550</b>	1.040	1.628	940	350	1.060	487	1.396
<b>650</b>	1.040	1.628	940	350	1.060	487	1.396
<b>750</b>	1.040	1.628	940	350	1.060	487	1.396
<b>850</b>	1.040	1.658	1.083	350	1.063	487	1.393
<b>950</b>	1.040	1.658	1.083	350	1.063	487	1.393

Tabla 30: Dimensiones de la caldera



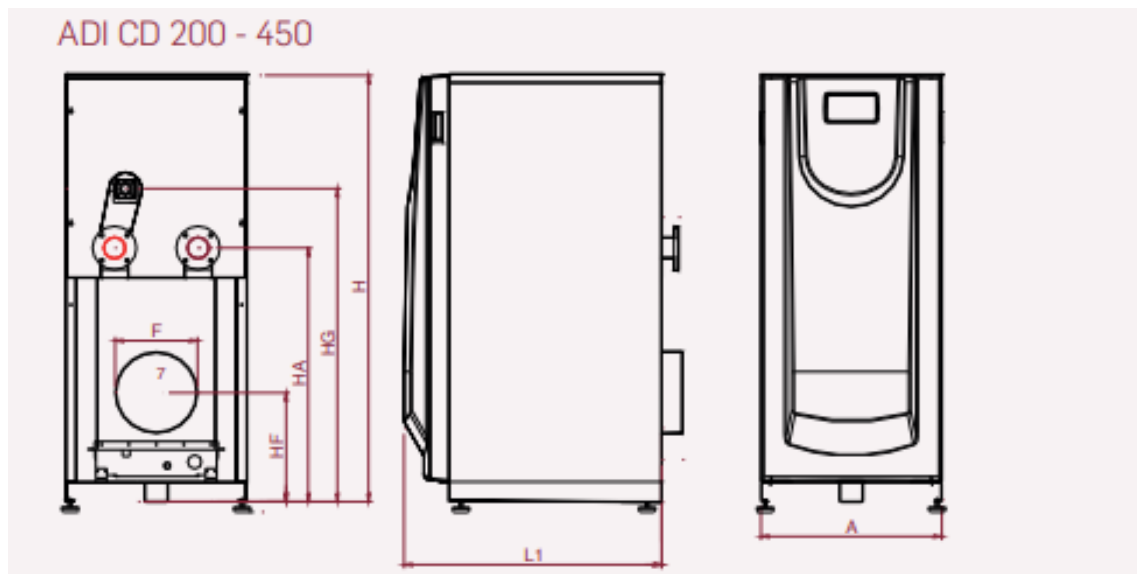


Figura 19: Dimensiones de la caldera

## 2.8. Cálculo de espesores de aislamiento.

En este apartado lo que se calcula es verdaderamente el espesor de las tuberías del circuito primario ya que los espesores de aislamiento de los demás equipos vienen especificados en las propias condiciones del equipo.

Pues bien, para obtener dicho espesor, recurrimos a la tabla 31 extraída del CTE, en función de la temperatura del fluido que circule por la tubería y el diámetro de la misma.

Se concluye pues, que el espesor de aislamiento para las tuberías del circuito primario debe ser 35 mm.

Dicho aislamiento será del fabricante Armaflex modelo HT-32X044-SWH.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

Tabla 31: Temperatura del fluido en función del diámetro de aislamiento

## 2.9. Accesorios

- ACCESORIOS DEL CIRCUITO PRIMARIO:
  - Válvulas de corte: A la entrada y salida de los diferentes equipos.
  - Válvulas de retención: A la salida de las bombas de circulación.
  - Válvulas de seguridad: Salida del campo de captadores y al lado del vaso de expansión.
  - Purgadores: puntos en los que exista la posibilidad de retener aire.

- FLUIDO CALOPORTADOR:

Será una mezcla de agua y glicol como ya se ha especificado anteriormente para evitar posibles congelaciones en el circuito.

El fabricante de captadores debe suministrar el anticongelante necesario.

- SISTEMA DE CONTROL:

En primer lugar el objetivo principal del sistema de control será garantizar el buen funcionamiento de la instalación. Esto consiste en:

- Hacer que no se superen las temperaturas máximas admisibles de los materiales, así como que estas temperaturas no sean lo suficientemente bajas para poder causar congelación.
- Controlar la calidad del agua y detectar posibles fugas o mal funcionamiento de cualquiera de los equipos de la instalación.

Las bombas no estarán en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C, estando en funcionamiento cuando esta diferencia sea  $> 6^{\circ}\text{C}$ .

El control de temperatura se debe situar en la parte superior de los captadores de tal forma que sea la máxima temperatura posible del circuito de captación. En el acumulador sin embargo, se situará en la parte inferior.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS.**

---

### 3.1. Objetivo

La función de este apartado no es más que exponer los criterios generales por los que se ha regido la realización del proyecto.

Se entrará en detalle sobre los equipos utilizados, así como los materiales empleados, montajes, pruebas, mantenimiento, etc.

### 3.2. Normativa

Los reglamentos que rigen los requisitos a cumplir de este tipo de instalaciones son:

- Código Técnico de la edificación:
  - Acciones en la edificación (CTE-DB-AE)
  - Seguridad en caso de incendio (CTE-DBSI)
  - Protección frente al ruido (CTE-DB-HR)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), además de las instrucciones técnicas complementarias (ITE)
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. "Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares"
- Pliego de especificaciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar térmica a Baja Temperatura.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones complementarias MLBT.
- Normativa regional o local.

Además se usarán otras normas que sirvan de guía para la realización del proyecto. Destacan las normas UNE de AENOR y normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

### 3.3. Condiciones materiales y equipos

#### 3.3.1. Captadores

Del captador se deben conocer los siguientes datos que son relevantes para poder realizar la instalación:

- Fabricante
- Tipo
- Número de serie
- Año de fabricación
- Medidas del captador
- Peso en vacío
- Superficie total
- Presión Máxima de Trabajo
- Temperatura de estancamiento a  $1000 \text{ W/m}^2$  y  $30^\circ\text{C}$

- Volumen del fluido
- Lugar de fabricación

Todas estas características deben venir recogidas en la etiqueta del captador.

Para la instalación de estos dispositivos en la cubierta del edificio se debe disponer de un procedimiento adecuado que debe proporcionar el fabricante para garantizar la seguridad, calidad y buen uso de la instalación.

Se debe caracterizar el captador de manera térmica, mecánica e hidráulica. Los resultados para dicha caracterización deben provenir del resultado del ensayo realizado acorde con la norma UNE 12975. Se debe también conocer que el rendimiento del captador dependerá de dos parámetros fundamentalmente que son el caudal de ensayo del captador y la superficie útil del mismo.

Cabe destacar también que es altamente recomendable que los captadores sean del mismo tipo ya que si no son del mismo tipo se deberá recurrir a un sistema de regulación de caudal mediante baterías permitiendo así que todas las baterías presenten el mismo caudal.

Si la instalación consta solo de una batería los requisitos que se han de cumplir para poder instalar distintos modelos de captadores son los siguientes:

- El caudal no debe salirse de un rango del 5% del caudal previo de los otros modelos de captadores.
- No se debe disminuir notablemente el rendimiento de la instalación.
- No deben romper con la estética del edificio.

En caso de necesitar estructura soporte o sujeción para el captador dicha estructura debe cumplir con las condiciones que se describen en el CTE-SE.

Una de las especificaciones más importantes es que los materiales de estos soportes sean resistentes a las distintas condiciones climatológicas a las que se van a ver expuestos.

Todas estas especificaciones deben ser tenidas en cuenta por el fabricante y deben ser detalladas antes del montaje de la instalación. El acero se protege mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas de zinc o tratamientos anticorrosivos. El material auxiliar como pueden ser los tornillos deben también estar protegidos.

### **3.3.2. Tuberías**

En este tipo de instalaciones se disponen de varios circuitos cerrados donde se pueden utilizar distintos materiales como pueden ser: Cobre, acero negro, acero inoxidable o algún tipo de material plástico.

Concretamente para ACS se debe usar cobre o acero inoxidable. En ocasiones, también se pueden utilizar materiales plásticos pero siempre se debe tener la precaución de que éstos sean capaces de soportar condiciones ambientales adversas y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las tuberías de cobre deben ser tubos estirados en frío y se valdrán de accesorios para realizar las uniones pertinentes. Dichos accesorios, deben también soportar dichas condiciones climatológicas adversas, o con soldadura tal y como se especifica en la norma UNE EN 1057. En el caso de que la temperatura exceda de 125 °C se deberá utilizar soldadura fuerte.

La protección catódica del acero también es una recomendación importante de la norma UNE 100050.

El fabricante debe proteger los accesorios contra oxidación pero en caso de que no estén protegidos se le deberá aplicar una capa de pintura antioxidante.

A continuación se describen los principales accesorios que suelen llevar consigo la red de tuberías:

- Juntas:

El amianto no se podrá utilizar.

En cuanto a los límites de temperatura y presión son los siguientes:

- Presión nominal mínima: PN-10
- Temperatura máxima: 200°C
- Conexiones a equipos:

Se primará el montaje y desmontaje fácil de dichas conexiones ya que ante cualquier avería se debe poder desmontar el equipo en cuestión sin necesidad de que afecte demasiado a la red de tuberías y con relative facilidad

- Lubricante de roscas:

Se utilizará un lubricante general que no debe ser venenoso. Acoplamiento dieléctricos en las uniones de toda la instalación.

- Derivaciones:

Lo más común es usar empalmes soldados. En cuanto a los acabados, es importante afinar la precisión para que las intersecciones sean lo más perfectas posibles.

- Codos en bombas:

Deben ser de radio relativamente largo para la descarga y succión de las bombas.

- Guías:

Deben ser instaladas allí donde sea necesario y siempre de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

- Sombreretes:

Proporcionan protección a las tuberías que discurren por el tejado.

- Compensadores de dilatación:

Este accesorio solo se usa en circuitos de agua caliente y será competencia del instalador el lugar de colocación de éstos. Se deben colocar en dos puntos fijos de manera que puedan tanto la dilatación como la presión que se origina.

- Termómetros:

El tipo de termómetro más adecuado será el de mercurio en vidrio, teniendo siempre en cuenta en qué rango de temperaturas se moverá la instalación. Debe estar bien protegido ya que es un equipo sensible además de poder ser claramente visible su marcador de temperaturas.

- Manómetros:

En este caso el tipo de manómetro será de aguja de aislamiento en acero inoxidable además de estar inmersos en glicerina. La precisión de la aguja debe ser de al menos 1%.

Los puntos más habituales de toma de presión deben estar previamente indicados en los planos o las especificaciones de instalación.

- Purgadores de aire:

Para evitar tener una instalación ruidosa se instalan tuberías con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo.

Esto evita las retenciones de aire, sin embargo se deben añadir purgadores de aire en aquellos puntos que estén elevados así como en puntos particulares donde se observe la necesidad de instalar un purgador de aire ante la acumulación del mismo.

- Válvulas de seguridad:

Estas válvulas aseguran el correcto funcionamiento de la instalación. Las válvulas de seguridad deben ser adecuadas para unas condiciones de trabajo de entre 0-120 °C y una presión de hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>

En cuanto a los materiales utilizados serán cobre, latón y acero dependiendo de la parte de la válvula. No obstante estos materiales vienen recomendados muy habitualmente por los fabricantes.

- Vaciados:

Se dirigirán a los puntos de desagüe más cercanos. Se deben aportar también las válvulas de vaciado para proceder al vaciado de tuberías y demás equipos.

### 3.3.3. Válvulas

Los parámetros fundamentales de las válvulas son el diámetro nominal, la presión nominal y en algún caso también se puede incluir la presión de ajuste.

En cuanto a cómo se deben elegir las válvulas, los criterios son bastante claros y están basados en las condiciones más desfavorables posibles de presión y temperatura.

Se deben seguir como se ha comentado anteriormente los siguientes criterios:

- Seguridad: Válvula de resorte
- Retención: Válvula de disco.
- Purga de aire: Válvula de esfera.
- Aislamiento: Válvula de esfera.
- Llenado: Válvula de esfera.
- Equilibrado: Válvula de asiento
- Vaciado: Válvula de esfera

Se puede calificar a las válvulas de seguridad como las más importantes ya que deben asegurar que bajo ningún concepto se trabaje a una presión por encima de la presión máxima de trabajo del captador o del propio sistema.

Los purgadores del circuito primario deben resistir temperaturas superiores a 150°C.

Los materiales de cada una de las válvulas son los que se especifican a continuación:

- Válvulas de resorte:

El cuerpo será de acero al carbono o hierro fundido. El acero inoxidable será el material elegido para el obturador y el vástago. Prensa-estopas de latón y se debe destacar también que el resorte estará hecho de un acero especial para el muelle.

- Válvulas de esfera:

Cuerpo: Fundición de hierro o de acero.

Esfera y eje: Acero duro cromado o acero inoxidable.

Asientos, estopada y juntas: Teflón.

- Válvulas de disco:

Cuerpo y tapa: Bronce o latón.

Las conexiones serán de rosca hembra.

- Válvulas de asiento:

El material del cuerpo, de la tapa y del asiento será bronce, fundición de hierro o acero. El obturador será de acero inoxidable con un aro de teflón. Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

- Purgadores automáticos de aire:

Cuerpo y tapa: Fundición de hierro o de latón.

Mecanismo: Acero inoxidable.

Flotador y asiento: Acero inoxidable o plástico.

Obturador: Goma sintética.

### 3.3.4. Aislamiento

Los requisitos a cumplir en cuanto a aislamiento se recogen en la norma UNE 100171.

Se debe tener en cuenta que el material aislante deberá soportar condiciones climatológicas extremas, y elegir el material siendo éste un factor clave para la decisión. Se puede proteger el material aislante con ciertos tipos de pinturas especiales o otros materiales como la fibra de vidrio o la chapa de aluminio.

### 3.3.5. Bombas

Al igual que en los captadores, para la correcta identificación de la bomba, se debe disponer en un lugar visible de la siguiente información:

- Marca
- Fabricante
- Modelo
- Características eléctricas

En cuanto a los grupos de bombas se debe hacer referencia a las siguientes características en lo que a materiales respecta:

- Eje de acero inoxidable AISI 316.
- Rodete de fundición.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cuerpo en fundición o bronce. Se basarán en los planos para determinar si están partidos o no. Se deben de incluir todas las conexiones necesarias.
- Juntas torcas de EPDM.
- Cierres mecánicos: Se utilizarán en las bombas.
- Cojinete a bolas de carbon.
- El rotor debe ser húmedo o seco según se especifique en el proyecto.
- Los materiales del circuito primario deben ser acordes con el fluido que circula por ellos.
- Los materiales de la bomba deben ser resistentes a la corrosión y esto debe ser una condición indispensable para la elección de los mismos.



- El motor será de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220 V/l o 220/380V/3, 50 Hz, IP.44, clase F.
- Los acoplamientos serán flexibles de acero en los que se deberá tener en cuenta el mantenimiento del grupo.
- Datos como el caudal, la altura manométrica, potencia del motor, número de velocidades, etc, se debe especificar en las especificaciones técnicas del proyecto.

### 3.3.6. Vasos de expansión.

En primer lugar hay que decir que los vasos de expansión serán siempre cerrados. Al igual que las bombas y los captadores el vaso de expansión también debe llevar una placa para su identificación en un lugar claramente visible que debe contener las siguientes especificaciones:

- Fabricante
- Marca
- Modelo

Temperatura máxima recomendable en el circuito primario: 100°C

Se deben presurizar con nitrógeno puro para posibles fugas.

Cuerpo exterior: Acero y debe ser accesible la membrana interior de expansión.

Cuerpo interior: Aquí es donde se realiza el tratamiento antioxidante.

En cuanto al depósito, estará dividido en dos cámaras herméticas. El nitrógeno se almacenará en la cámara de expansión disponiendo de acometida para reponer el gas y un manómetro. Se debe incluir un manómetro, un termómetro, una válvula de alimentación así como una purga de agua y seguridad en la acometida del agua.

### 3.3.7. Sistema eléctrico y de control.

En primer lugar, en cuanto al sistema eléctrico, la instalación debe cumplir con la normativa vigente en este campo que es el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) además de sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Es necesario tener un cuadro eléctrico específicamente para la instalación solar.

Un controlador digital programable será el encargado del sistema de control. Se debe incorporar un modem para obtener los datos de la instalación en tiempo real, el cual se pueda gestionar desde una cierta distancia con facilidad. Se deben obtener y chequear datos como caudales, acumuladores, energía inyectada, temperaturas en captadores y número de horas de funcionamiento de las bombas.

Las funciones de control de la instalación se resumen en lo siguiente:

- Activación de la bomba de circulación dependiendo del diferencial de temperaturas entre la salida del campo de captadores y la parte baja del depósito.
- La precisión de las sondas debe ser elevada para marcar en todo momento el dato exacto en cuestión y la precisión del sistema de control en general debe ser tal que las bombas no trabajen nunca con diferenciales de temperaturas menores de 2°C ni que se paren con diferenciales por encima de 7°C.
- De igual forma, en el arranque el diferencial de temperaturas entre el punto de arranque y parada no debe ser menor de 2°C.
- Señales lumínicas de alimentación del sistema de bombeo también deben ser incluidas en el sistema de control de la instalación.

### 3.3.8. Acumuladores

Estos equipos deben especificar una serie de parámetros que se exponen a continuación:

- Dimensiones
- PMO (Presión Máxima de Trabajo)
- TMO (Temperatura Máxima de Trabajo)
- Volumen total
- Situación y diámetro de las bocas
- Situación y especificación de los puntos de apoyo (normalmente 4)
- Materiales de cada elemento y características de su protección.

La fabricación del depósito está regida por el Reglamento de Aparatos a Presión, donde se puede encontrar la Instrucción Técnica Complementaria MJE-AP11. Además debe ser probado con una presión del doble de la presión habitual de trabajo y debe estar homologado por el Ministerio de Industria y Energía.

En la placa del acumulador y en un lugar claramente visible y legible deberá estar incluida la siguiente información:

- Nombre del fabricante
- Contraseña y fecha de registro
- Número de fabricación
- Volumen(L)
- Presión Máxima de Operación

La variedad de depósitos es muy extensa, es por eso que en esta instalación se podrán utilizar los siguientes depósitos:

- Depósitos de acero con tratamiento epoxídico
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño
- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño
- Acumuladores no metálicos que resistan las condiciones adversas a las que pueden verse sometidos además de cumplir con la normativa vigente.

El intercambiador sumergido deberá ser de serpentín o de haz tubular.

### 3.3.9. Sistemas de medida

Su función es dar información sobre el estado de los diferentes parámetros de la instalación para poder conocer las prestaciones energéticas de la misma.

Se distinguen los siguientes equipos de medida:

- Medida de la temperatura

Existen múltiples equipos para realizar la medida de la temperatura como pueden ser sondas, termopares, termómetros, etc.

La diferencia de temperaturas en el fluido de trabajo se medirá de tal manera que la salida sea única

por lo que se debe recurrir a equipos como termopilas o termómetros de resistencia.

Las sondas que se utilizarán serán de inmersión, para medir la temperatura del fluido. Si no es posible que sean de inmersión se deben poner a una distancia menor de 5 cm del fluido.

- Medida de caudal

En la instalación deberán existir contadores, para determinar el caudal de agua en cada momento. Dichos contadores contarán con los siguientes elementos:

Cuerpo: Contendrá la cámara de medida y resistente a la fuerza de paso del agua.

Elemento que tenga un movimiento proporcional al del caudal de agua.

Mecanismo de relojería: Esto es simplemente para que se transmita el movimiento a la esfera magnéticamente.

Los datos que debe aportar el fabricante en cuanto a los sistemas de regulación de caudal son los siguientes.

-Calibre del contador

-Indicación mínima de esfera

-Dimensiones

-Capacidad máxima de totalización

-Temperatura máxima del fluido de trabajo

-Tipos de caudales:

- Máximo

- Mínimo

- De operación

- De arranque

-PMO (Presión máxima de trabajo)

-Diámetro y tipo de conexión

-Pérdida de carga correspondiente a cada caudal.

Se considerará un buen medidor de caudal aquel que proporcione una medida con un error menor del 3%

- Medida de la energía térmica

Al igual que en el caso de los caudales, también existen contadores de energía térmica cuyos elementos son los que se citan a continuación:

-Contador de caudal

-Varias sondas de temperatura

-Microprocesador electrónico

### 3.4. Condiciones de montaje

Los fabricantes de cada uno de los equipos que se usen en la instalación deberán proporcionar unas condiciones de montaje según los materiales de los equipos o otros aspectos clave como pueden ser

las resistencias a las condiciones climatológicas. Por tanto, la instalación se deberá llevar a cabo cumpliendo estas condiciones para garantizar así el máximo periodo de vida de los equipos.

### 3.5. Provisión del material

Los materiales deben ser de marcas que ofrezcan garantías en cuanto a cumplimiento de normativa y que ofrezcan productos y materiales homologados para su actividad. Una cuestión muy importante para el cuidado previo de los materiales es realizar un buen almacenamiento durante el montaje e instalación de los mismos, se deben proteger de lluvia, viento, animales, sol, etc. Especial cuidado se debe tener con los captadores ya que son el elemento más sensible de la instalación conteniendo materiales realmente frágiles como el vidrio.

### 3.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción

Se puede considerar como fin al proyecto de la instalación cuando se le entrega al promotor o al usuario para iniciar el uso de la misma. Antes de realizar la recepción siempre se debe haber realizado con anterioridad un conjunto de pruebas y ajustes previos especificados, además de la puesta en marcha de la instalación.

Es competencia del instalador las siguientes tareas:

- Ejecución de pruebas funcionales
- Correcto funcionamiento de la instalación
- Estado de la instalación hasta su entrega

Sin embargo, es competencia del proyectista o del grupo de proyectistas especificar qué pruebas se han de realizar en la instalación previamente a su uso. Todo lo especificado anteriormente debe estar recogido en el documento de Control de Ejecución. Cabe destacar que junto a cada prueba debe aparecer reflejada la fecha de realización de la misma, resultados obtenidos y comparación con los resultados que se esperaban.

El funcionamiento de la instalación se podrá considerar como correcto si se cumplen los mínimos establecidos en las pruebas que se realizarán, las cuales se comentarán a continuación.

#### 3.6.1. Pruebas parciales

Antes de realizar todo tipo de pruebas se debe comprobar el buen estado de los materiales. Para todo tipo de pruebas todas las partes de la instalación deben estar visibles, por ejemplo, tramos de tuberías ocultos deben estar a la vista para comprobar que no haya fugas en ellos.

Además se debe pasar una inspección general de la instalación donde se revisarán diámetros de tuberías, pendientes, aislamiento, etc.

Las pruebas parciales se detallan a continuación:

- Pruebas a equipos

Todos los equipos, así como sus materiales deben haber pasado una serie de controles por el fabricante y tener Certificación de Origen Industrial para asegurar que se ajusta perfectamente a la normativa. También se debe realizar la recepción de los mismos cumpliendo las especificaciones del propio proyecto.

- Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas

Se deben hacer pruebas hidrostáticas a toda la red de circulación con objeto de asegurar su

estanqueidad, como se ha dicho anteriormente, deben estar visibles todos los tramos para realizar dichas pruebas. Las pruebas se realizarán según la norma UNE-EN 14336:2005 dependiendo del fluido en cuestión.

- Pruebas de libre dilatación

Una vez realizadas las pruebas anteriores y los resultados hayan sido correctos, se anulan los aparatos de control para llevar la instalación hasta la temperatura de estancamiento. Cuando se enfría la instalación se debe comprobar que no hayan existido deformaciones y que el sistema de expansión ha hecho correctamente su labor.

### **3.6.2. Pruebas finales**

Estas pruebas son iguales que las anteriores pero tienen carácter definitivo y garantizarán la calidad, seguridad y fiabilidad del proyecto.

La norma que regirá las pruebas finales es la norma UNE-EN 12599. Las pruebas finales se han de realizar un día soleado y en el que no haya demanda.

### **3.6.3. Ajustes y equilibrado**

Se deben fijar unos márgenes de tolerancias en muchos valores de parámetros del proyecto. Este aspecto viene recogido en la norma UNE 100.010 (partes 1, 2 y 3), “Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado”, las cuales se deberán particular acorde a la instalación al que se quiera referir.

En los sistemas de distribución de agua se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El anticongelante utilizado debe cumplir con la normativa así como con los requisitos del proyecto.
- Se deberá conocer la curva característica de cada bomba para que se pueda ajustar al caudal de diseño.
- Se debe conocer al menos caudal nominal y presión de cada circuito hidráulico.
- Para comprobar el equilibrado específico de cada uno de los ramales se debe recurrir al procedimiento descrito en el proyecto.
- Del intercambiador se han de conocer caudales de diseño, potencia y temperaturas.
- En caso de tener más de un grupo de captadores se deberá recurrir al procedimiento descrito en el proyecto para comprobar que su equilibrado hidráulico es el deseado.

En cuanto al control automático de la instalación cabe destacar que se ajustarán todas las variables del sistema a los valores de diseño previamente determinados y se procederá a chequear su correcto funcionamiento.

### **3.6.4. Recepción**

Se distinguen dos tipos de recepciones:

- Recepción provisional:

El objetivo de la recepción es simplemente chequear que la instalación cuenta con todos los servicios y que satisfice las necesidades descritas en el proyecto. Cuando se han realizado las pruebas y los resultados han sido satisfactorios se procede al acto de recepción provisional, que será ejecutado por la propiedad. Dicho acto debe quedar reflejado en un acta en la que aparecerá los intervinientes y la documentación requerida. La documentación deberá ser la siguiente:

- Memoria descriptiva de la instalación
  - Planos definitivos: Sala de máquinas, Esquema de principio, Plantas del recorrido y situación de las unidades.
  - Conjunto de equipos utilizados así como los materiales que se han empleado, además de indicar fabricantes, modelos y características de funcionamiento.
  - Hojas de resultado de las pruebas realizadas.
  - Manual de instrucciones de todos los equipos de la instalación
- Recepción definitiva

Desde la redacción del acta provisional, hay un periodo de prueba de la instalación para que el propietario verifique que todo funciona con normalidad y pasado un tiempo estipulado, el acta provisional pasa a ser Acta Definitiva y entra en vigor la garantía de la instalación.

### 3.7. Mantenimiento

Se deben destacar tres operaciones en lo que a mantenimiento de la instalación se refiere:

- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

#### 3.7.1. Vigilancia

El objetivo no es más que asegurar que los valores con los que opera la instalación sean los adecuados.

Se debe establecer un plan para imponer una frecuencia de cada cuánto tiempo realizar cada tarea, así como una relación de las mismas. A continuación se puede observar dicho plan.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia	Descripción
Captadores	<input type="checkbox"/> Limpieza cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	<input type="checkbox"/> Cristales	3 meses	Inspección visual condensaciones en las horas centrales del día
	<input type="checkbox"/> Juntas	3 meses	Inspección visual agrietamientos y deformaciones
	<input type="checkbox"/> Absorbedor	3 meses	Inspección visual corrosión, deformación, fugas, etc
	<input type="checkbox"/> Conexiones	3 meses	Inspección visual fugas
	<input type="checkbox"/> Estructura	3 meses	Inspección visual degradación, indicios de corrosión
Circuito primario	<input type="checkbox"/> Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	Inspección visual ausencia de humedad y fugas
	<input type="checkbox"/> Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín

Tabla 32: Plan de vigilancia

#### 3.7.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo debe incluir inspecciones visuales, operaciones para mantener los

parámetros fundamentales dentro de los límites permisibles y verificaciones de acciones sobre el sistema para asegurar la durabilidad de la instalación.

Según el área de apertura de captación se puede obtener la frecuencia de revision en cuanto a mantenimiento preventivo.:

- $A < 20 \text{ m}^2$  .....Revisión anual
- $A > 20 \text{ m}^2$  .....Revisión semestral

En la siguiente tabla se define mejor este plan de mantenimiento preventivo.

Equipo	Frecuencia	Descripción
Captadores	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual diferencias sobre original
		<input type="checkbox"/> Inspección visual diferencias entre colectores
Cristales	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual condensaciones y suciedad
Juntas	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual corrosión, deformaciones
Carcasa	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual aparición de fugas
Estructura	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual degradación, indicios corrosión y apriete tornillos
Captadores	12 meses	<input type="checkbox"/> Tapado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Destapado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Vaciado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Llenado parcial campo de captadores

Tabla 33: Plan de mantenimiento preventivo de los captadores

Equipo	Frecuencia	Descripción
Depósito	12 meses	<input type="checkbox"/> Presencia de lodos en fondo
Ánodo sacrificio	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del desgaste
Ánodo corriente impresa	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar que no hay humedad

Tabla 34: Plan de mantenimiento preventivo del depósito

Equipo	Frecuencia	Descripción
Fluido refrigerante	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar su densidad y PH
Estanquidad	24 meses	<input type="checkbox"/> Efectuar prueba de presión
Aislamiento exterior	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6 meses	<input type="checkbox"/> Vaciar el aire del botellín
Bomba	12 meses	<input type="checkbox"/> Estanquidad
Vaso expansión cerrado	6 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación de la presión
Vaso expansión abierto	6 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Válvula de corte	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación

Tabla 35: Plan de mantenimiento preventivo de la red de tuberías

Equipo	Frecuencia	Descripción
Cuadro eléctrico	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Termostato	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Sistema de medida	12 meses	<input type="checkbox"/> Verificación y control funcionamiento actuación

Tabla 36: Plan de mantenimiento preventivo del cuadro eléctrico

Equipo	Frecuencia	Descripción
Sistema auxiliar	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Sondas de temperatura	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación

Tabla 37: Plan de mantenimiento preventivo del sistema auxiliar

### 3.7.3. Mantenimiento correctivo

Este aspecto no debe tener un plan como tal, ya que lo ideal sería no tener que hacer correcciones en el mantenimiento previsto. Estas acciones solo se ejecutarán en caso de fallo o para corregir situaciones anómalas percibidas en la instalación durante su funcionamiento.

En caso de tener que recurrir a un mantenimiento correctivo se debe llevar un control del mismo a través de un parte de mantenimiento correctivo. Dicho parte debe incluir:

- Equipo o accesorio afectado
- Causa del problema
- Acción/es correctivas llevada a cabo.
- Fecha y firma del técnico responsable



## **4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

---

#### 4.1. Sistema de captación

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio/ ud	Total (€)
<b>Captador solar</b> EPI 20 (Cosmosolar) o similar $A=1.55 \text{ m}^2$ Capacidad=1.05 L Peso=27 kg $\eta=0.77$ $FR(\tau\alpha)=0.89 \text{ W/m}^2\text{K}$ $FR(UL)=3.42 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_{ens} = 0.02 \frac{\text{kg}}{\text{s}\cdot\text{m}^2}$ Incluido soporte	13	ud	350	4.550 €
<b>SUBTOTAL.....4.550 €</b>				

#### 4.2. Sistema de interacumulación

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio/ ud	Total (€)
<b>Interacumulador solar</b> Modelo: AKT2000S o similar Capacidad: 2000 L	1	ud	3.980	3.980 €
<b>SUBTOTAL.....3.980 €</b>				

#### 4.3. Sistema hidráulico

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio/ ud	Total (€)
<b>Bomba de circulación</b> Modelo: UPS 80-80F Marca: Grundfos $Q \text{ máx}=2213 \text{ l/h}$ $P \text{ máx} = 55.94 \text{ KPa}$	2	ud	1544	3.088 €
<b>Vaso de expansión</b> Marca: Ibaiondo	1	ud	33,10	33,10 €

Modelo: CMR o similar Capacidad: 8 L				
<b>Tubería cobre 1"</b> Marca: Coasol	33,07	m	11,40	376,99 €
<b>Tubería cobre ¾"</b> Marca: Coasol	18,36	m	8,10	148,72 €
<b>Tubería cobre ½"</b> Marca: Coasol	9,18	m	6,20	56,92 €
<b>Tubería cobre 3/8"</b> Marca: Coasol	25,42	m	5.05	128,37 €
<b>Codo 90° 1"</b>	7	ud	6,11	42,77 €
<b>Codo 90° 3/8"</b>	1	ud	3,45	3,45 €
<b>T de 1"</b>	3	ud	15,47	46,41 €
<b>T de ¾"</b>	6	ud	14,25	85,50 €
<b>T de ½"</b>	5	ud	13,54	67,70 €
<b>T de 3/8"</b>	2	ud	12,92	25,84 €
<b>Valv. Corte 1"</b>	14	ud	6,15	86,10 €
<b>Valv. Corte 3/8"</b>	26	ud	4,07	105,82 €
<b>Valv. Retención</b>	2	ud	32	64 €
<b>Valv. Seguridad</b>	3	ud	37,50	112,50 €
<b>Valv. Vaciado</b>	1	ud	65,45	65,45 €
<b>Curva 1"</b>	2	ud	4,47	8,94 €
<b>Aislamiento (Coquilla) (Tubería 3/8 ")</b>	23,33	m	2,28	53,19 €
<b>Aislamiento (Coquilla) (Tubería ½ ")</b>	18,36	m	3,12	53,28 €
<b>Aislamiento (Coquilla) (Tubería 3/4 ")</b>	9,18	m	3,65	33,51 €
<b>Aislamiento (Coquilla) (Tubería 1 ")</b>	33,07	m	4,18	138,23 €
<b>Filtros</b>	4	ud	17,50	70,00 €

<b>Fluido caloportador</b> Modelo:(ANTICONG-02) o similar (Termicol)	30	L	7,25	217,50 €
<b>SUBTOTAL.....5.378,84 €</b>				

#### 4.4. Sistema auxiliar

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio/ ud	Total (€)
<b>Caldera convencional</b> Marca: Adisa Modelo: ADI CD	1	ud	11250	11.250 €
<b>Interacumulador auxiliar</b> Modelo AKT 3000S	1	ud	5380	5.380 €
<b>Bomba de circulación auxiliar</b> Modelo: UPS 80-80F Marca: Grundfos	2	ud	1544	3.088 €
<b>Vaso de expansión</b> Marca: Ibaiondo Modelo: CMR Capacidad: 8 L	1	ud	33,10	33,10 €
<b>Tubería cobre 1"</b>	11,03	m	11,40	125,72 €
<b>Codo 90° 1"</b>	4	ud	6,11	24,44 €
<b>T de 1"</b>	2	ud	15,47	30,94 €
<b>Valv. Corte 1"</b>	12	ud	6,15	73,80 €
<b>Valv. Retención</b>	2	ud	32	64 €
<b>Valv. Seguridad</b>	1	ud	37,50	37,50 €
<b>Valv. Vaciado</b>	1	ud	65,45	65,45 €
<b>Aislamiento (Coquilla)</b>	11,03	m	4,18	46,11 €
<b>SUBTOTAL.....20.219,06 €</b>				

#### 4.5. Sistema de control

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio/ ud	Total (€)
Termómetro	2	ud	7,49	14,98 €
Manómetro	2	ud	19,50	39 €
Caja de control CENTRALI-18 (Termicol)	1	ud	860	860 €
Caudalímetro	1	ud	23,15	23,15 €
<b>SUBTOTAL.....937,13 €</b>				

#### 4.6. Presupuesto Total

Concepto	Total (€)
Sistema de captación	4.550 €
Sistema de interacumulación	3.980 €
Sistema hidráulico	5.308,59 €
Sistema auxiliar	20.219,06 €
Sistema de control	937,13 €
<b>TOTAL SIN IVA .....</b>	<b>35.062,03 €</b>
<b>IVA.....</b>	<b>21 %</b>
<b>TOTAL IVA INCLUIDO.....</b>	<b>42.425,06 €</b>

Ratio €/m2 de superficie de captación sin sistema aux.: 1.102,03 €/m<sup>2</sup>



## 5. PLANOS

---







**PROYECTO:** Instalación de ACS en un hotel rural.

**PLANO :** Situación geográfica 1

**AUTOR:** Genaro Juan Gil

Julio 2018

• N°



Maínez		1
--------	--	---



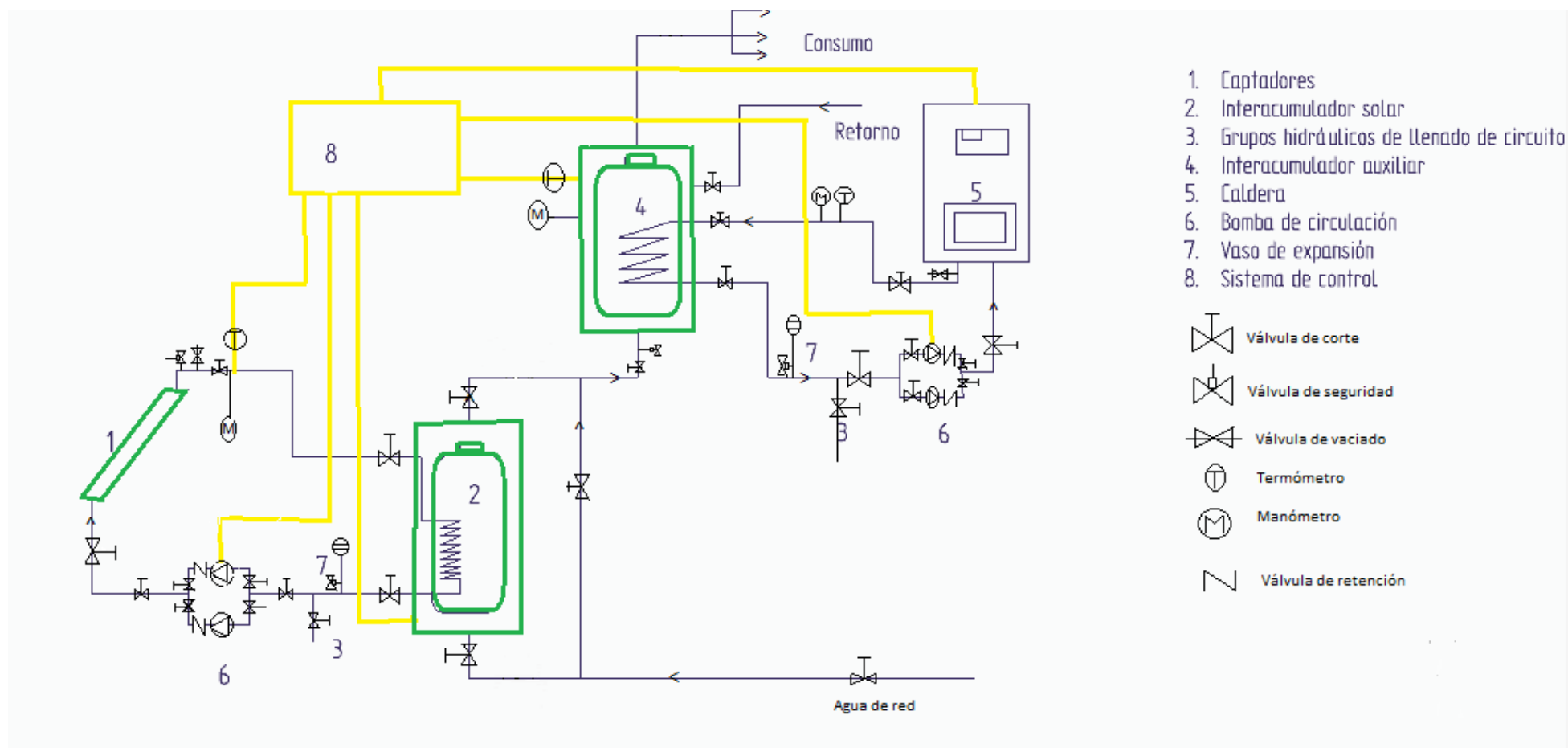
**PROYECTO:** Instalación de ACS en un hotel rural.

**PLANO :** Situación geográfica 2

AUTOR: Genaro Juan Gil Maínez

Julio 2018

Nº 2



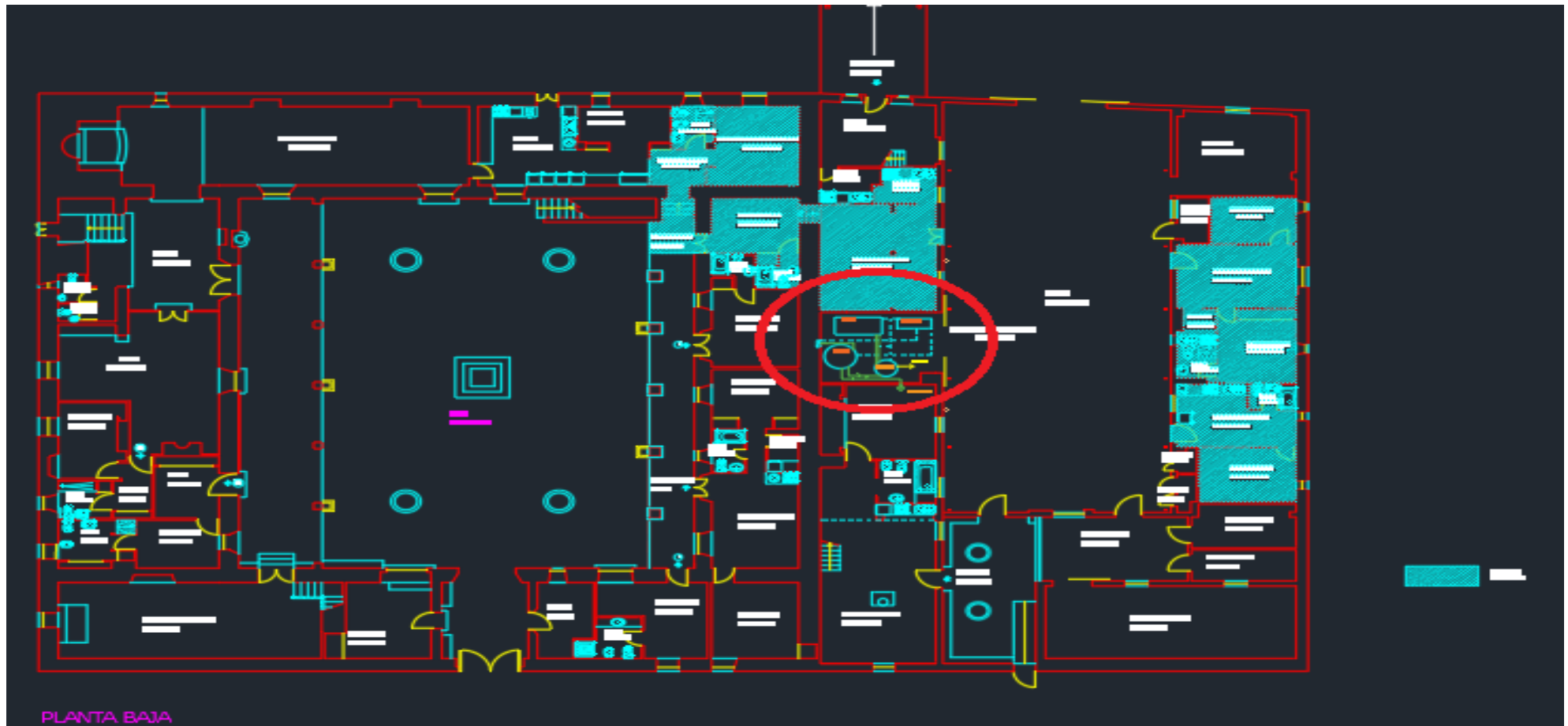
PROYECTO: Instalación de ACS en un hotel rural.

PLANO : Esquema de principio

**AUTOR:** Genaro Juan Gil Maínez

Julio 2018

Nº 3

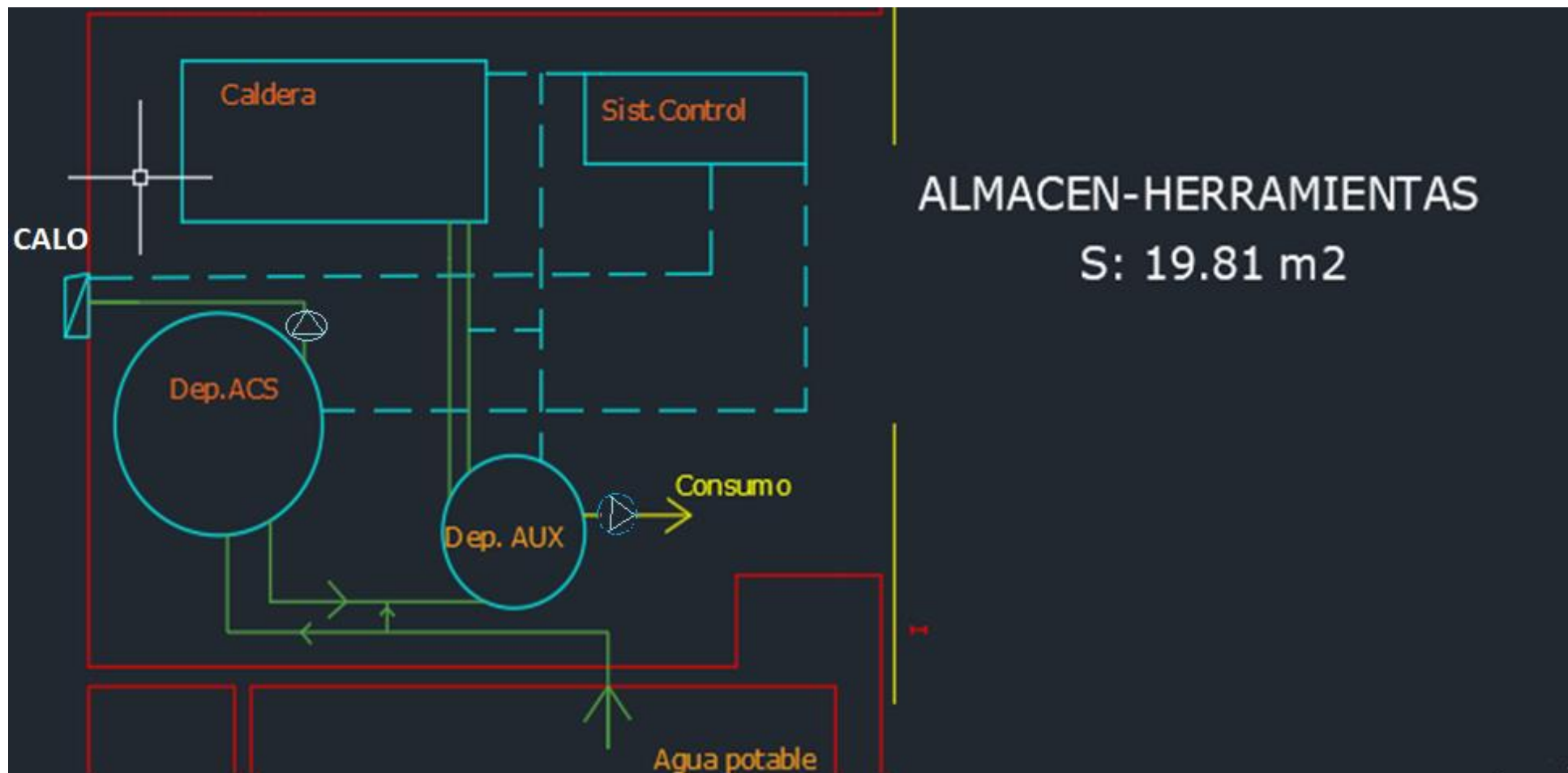


**PROYECTO:** Instalación de ACS en un hotel rural.

**PLANO :** Planta Baja**AUTOR:** Genaro Juan Gil Maínez

Julio 2018

Nº 4

**PROYECTO:** Instalación de ACS en un hotel rural.

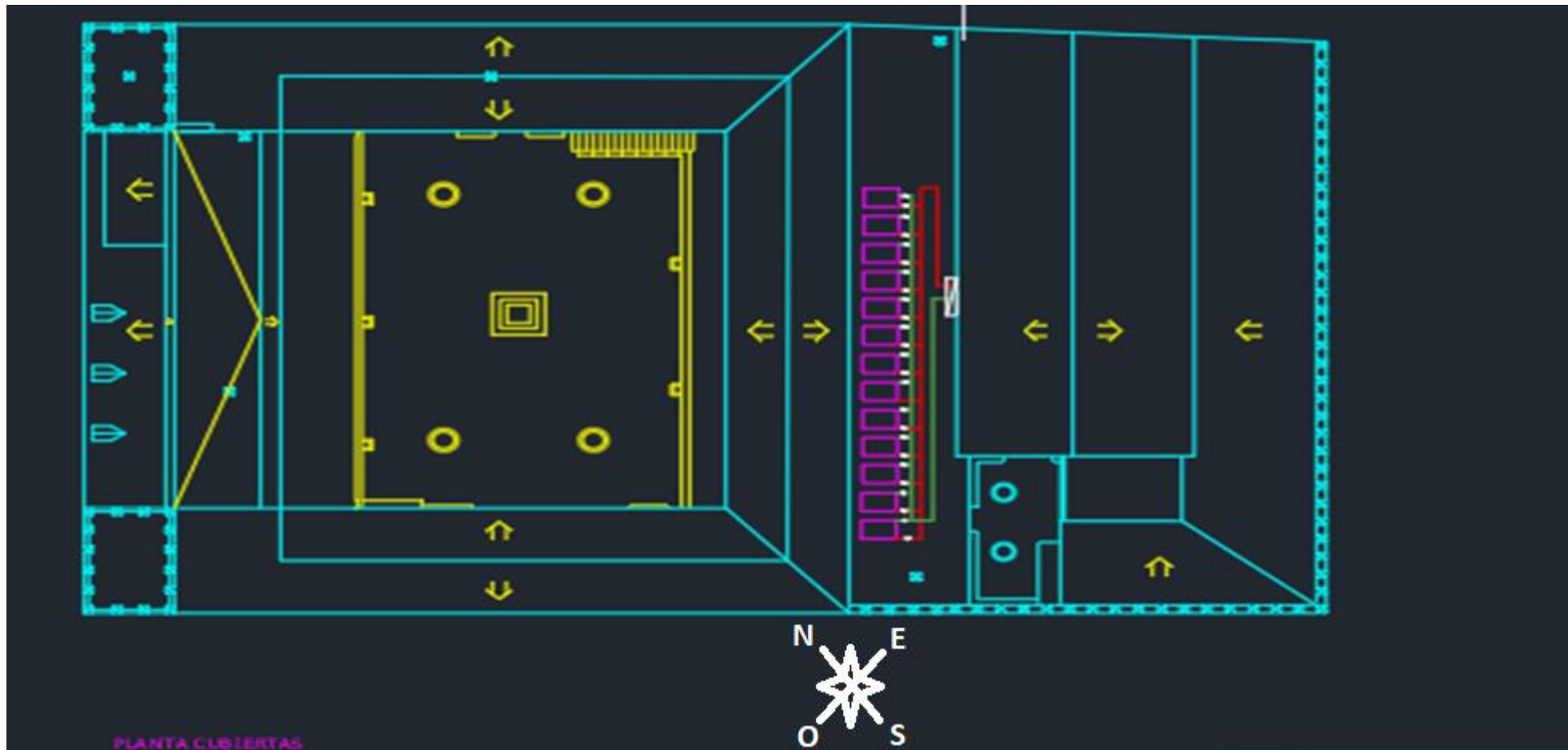


**PLANO :** Sala de Máquinas

**AUTOR:** Genaro Juan Gil Maínez

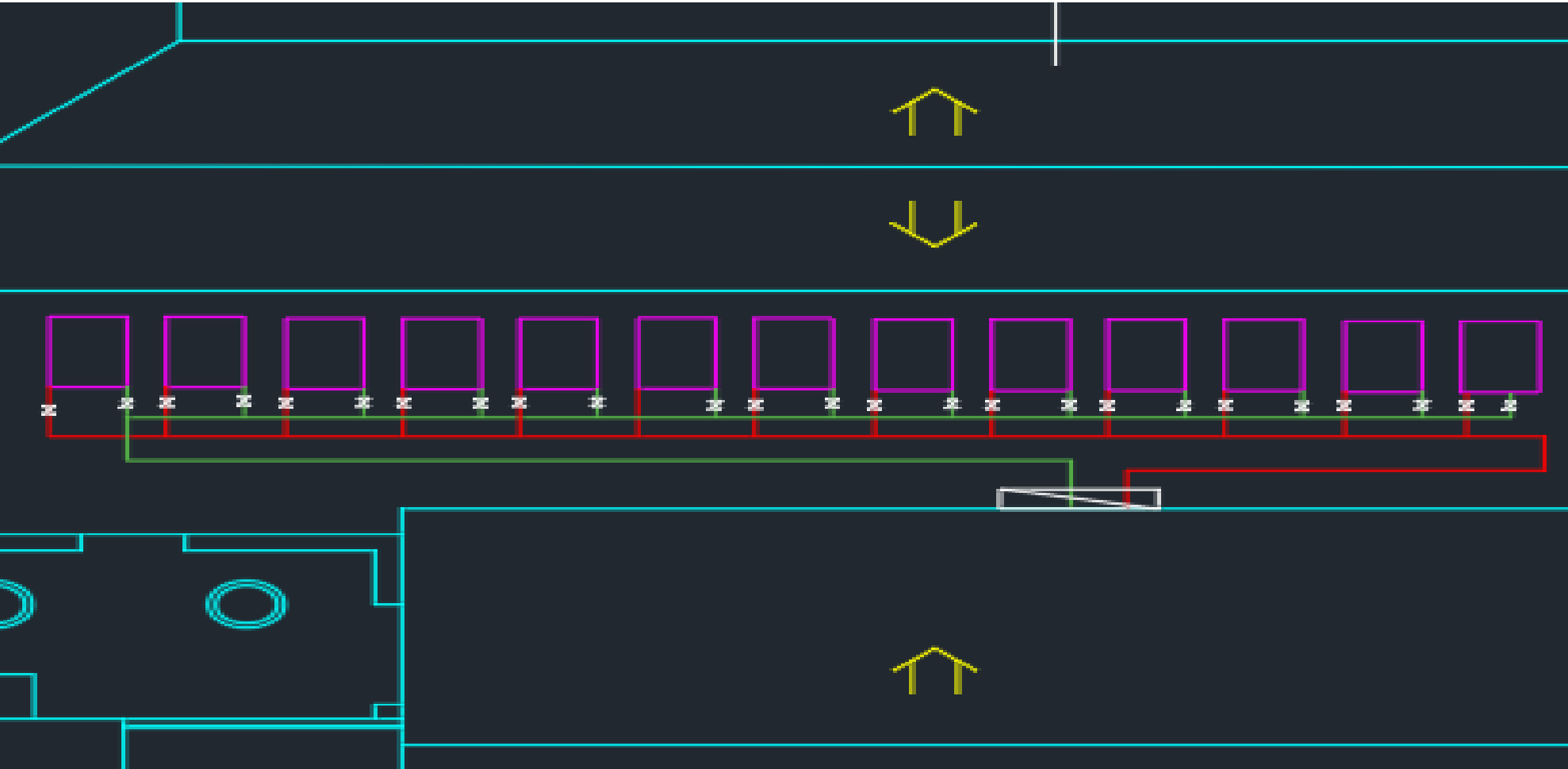
Julio 2018

Nº 5



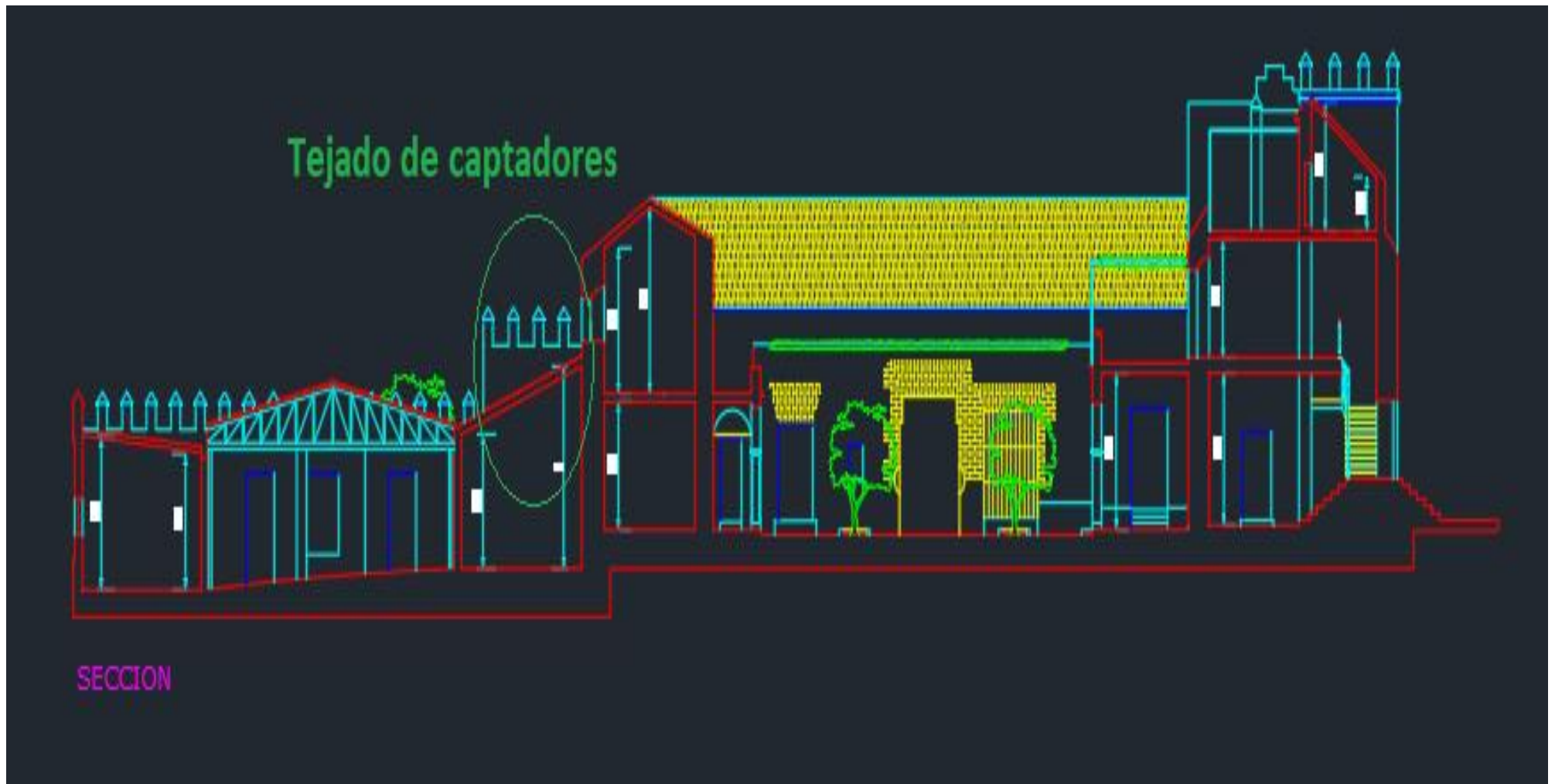
**PROYECTO:** Instalación de ACS en un hotel rural.

PLANO : Plano de la cubierta		
AUTOR: Genaro Juan Gil Maínez	Julio 2018	Nº 6



PROYECTO: Instalación de ACS en un hotel rural.
---

<b>PLANO :</b> Plano de la cubierta (Captadores)		
<b>AUTOR:</b> Genaro Juan Gil Maínez	Julio 2018	Nº 7





<b>PROYECTO:</b> Instalación de ACS en un hotel rural.		
<b>PLANO :</b> Sección lateral noreste		
<b>AUTOR:</b> Genaro Juan Gil Maínez	Julio 2018	Nº 8